双证融通系列丛书

三菱PLC应用简明教程

杨帆　李方园　等编著





附赠学习光盘


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

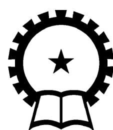
VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

双证融通系列丛书　　　　免费提供光盘

三菱 PLC 应用简明教程

杨　帆　李方园　等编著



机 械 工 业 出 版 社

“PLC 应用”是目前高职高专电气自动化、机电一体化和楼宇智能化等专业所必学的课程之一。三菱 PLC 是最常见的工业控制器之一，本教程主要选用了 FX 系列 PLC 进行 26 个实例讲解。本书从工程应用出发，重点以三菱公司 FX 系列 PLC 为例，介绍了 PLC 的工作原理和编程方法，强调软件和硬件的有机结合，突出了 PLC 应用能力的培养。书中例子全部采用工程和实训教学中的实例，使用者可直接借用。

本书可作为高职高专电气自动化、机电一体化、楼宇智能化等专业的课程教材，也可作为广大电工技术爱好者、求职者、下岗再就业者、职业培训人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

三菱 PLC 应用简明教程/杨帆，李方园等编著. —北京：机械工业出版社，2013. 2

（双证融通系列丛书）

ISBN 978-7-111-41492-6

Ⅰ. ①三…　Ⅱ. ①杨…　Ⅲ. ①plc 技术-教材　Ⅳ. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 030080 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉　责任编辑：赵　任　版式设计：霍永明
责任校对：王　欣　封面设计：路恩中　责任印制：邓　博
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 11. 25 印张 · 273 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-41492-6
ISBN 978-7-89433-850-1（光盘）
定价：34.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

序

本套“维修电工培训与电类人才培养”双证融通系列丛书是在全社会大力推进“工学结合、产学合作”的大环境下推出的。丛书以服务为宗旨，以就业为导向，以提高学生（学员）素质为核心，以培养学生（学员）职业能力为本位，全方位推行产学合作，强调学校（培训机构）与社会的联系，注重理论与实践的结合，将分层化国家职业标准的理念融入课程体系，将国家职业资格标准、行业标准，融入课程标准。

目前，在很多高职院校、应用型本科中都有“电气自动化技术”专业，其对应的第一岗位就是电气设备及其相关产品的设计与维护，对应的考证为维修电工（中高级）。因此，本丛书以目前在各类高校中针对国家职业标准重新修订的“电类人才培养”教学计划为基础，将职业标准融入到课程标准中，并力求使各课程的理论教学、实操训练与国家职业标准的应知、应会相衔接对应，力求做到毕业后零距离上岗。

电类人才的培养目标定位于培养具有良好思想品德和职业道德，具备较为坚实的文化基础知识和电专业基础知识，要求学生能适应电气自动化行业发展的需要，从事电气控制设备和自动化设备的安装、调试与维护的高素质高技能专门人才。根据这一培养目标制订的教学计划，除了能够做到学历教育与职业资格标准的完全融合外，还具有一定的前瞻性、拓展性，既满足当前岗位的要求，又体现未来岗位的发展要求；既确保当前就业能力，又为学生后续可持续发展提供基础和保障；既包含职业资格证书的内容，又保证学历教育的教学内容；既符合教育部门对电气自动化技术毕业生学历培养的要求，又符合人力资源与社会保障部对“维修电工中（高）级”职业技能鉴定的要求。

本丛书推出7门“双证融通”课程，每门课程均有电子版资料可免费下载，它们分别是：

（1）电工电子技术简明教程

（2）数控机床电气控制简明教程

（3）AutoCAD工程绘图简明教程

（4）电力电子技术简明教程

（5）三菱PLC应用简明教程

（6）西门子PLC应用简明教程

（7）变频器应用简明教程

特别感谢宁波市服务型教育重点专业建设项目（电子电气专业）的出版资助，同时也感谢机械工业出版社电工电子分社、浙江工商职业技术学院为丛书的策划与推广提供了必不可少的帮助。

李方园

2012年11月

前　言

“PLC 应用”是目前高职高专电气自动化、机电一体化和楼宇智能化等专业所必学的课程之一。三菱 PLC 是最常见的工业控制器之一，本书主要选用了 FX 系列 PLC 进行实例讲解。

本书从工程应用出发，重点以三菱公司 FX2N 系列 PLC 为例，介绍了 PLC 的工作原理和编程方法，强调软件和硬件的有机结合，突出了 PLC 应用能力的培养。书中例子全部采用工程和实训教学中的实例，使用者可直接借用。本书采用最新的三菱编程软件 GX-Developer ver. 8 和三菱仿真软件 MELSOFT FX TRAINER 进行讲授，可以大大降低学习的难度，提高读者的兴趣。

本书共分 6 讲。第 1 讲讲述了三菱 FX 系列 PLC 入门知识；第 2 讲阐述了三菱 FX 系列 PLC 的初步编程，包括梯形图的设计方法、位逻辑、定时器与计数器，以及各种应用指令；第 3 讲讲述了逻辑控制的应用案例，并根据交通灯控制、大小物品分类、包装线流水控制、物件分拣控制等进行了实际案例仿真介绍；第 4 讲讲述了 SFC 指令与顺序控制，列出了单流程结构编程方法和多流程结构的编程方法，并以大小球分类选择性传送和按钮式人行横道指示灯为例进行实际编程应用；第 5 讲讲述了三菱 FX PLC 的模拟量控制；第 6 讲讲述了三菱 FX PLC 的通信控制。

本书主要由杨帆和李方园编写。另外，叶明、钟晓强、陈亚玲、邵振翔、郑振杰、吴於等编写了相关的实践案例。在编写过程中，得到了三菱公司、宁波捷创技术有限公司、常州米高电子科技有限公司等厂家相关人员的帮助并提供了相当多的典型案例和维护经验；同时在编写中曾参考和引用了国内外许多专家、学者最新发表的论文和著作等资料，中国传动网为本书提供了最新的项目案例，在此一并致谢！

作者

2012 年 11 月 1 日

目　　录

序

前言

第 1 讲　三菱 FX 系列 PLC 入门 ………… 1

1.1　三菱 PLC 概述 …… 2

1.1.1　PLC 定义 …… 2

1.1.2　三菱 FX 系列 PLC 的性能 …… 2

1.2　三菱 FX 系列 PLC 安装及接线 …… 5

1.2.1　FX2N 系列 PLC 的安装环境 …… 5

1.2.2　FX2N 系列 PLC 的安装方式 …… 5

1.2.3　FX2N 系列 PLC 的配线 …… 5

1.3　三菱编程软件 GX Developer 的安装与使用 …… 7

1.3.1　三菱编程软件 GX Developer 的安装 …… 7

1.3.2　三菱编程软件 GX Developer 的使用 …… 11

1.4　三菱训练软件 MELSOFT FX TRAINER 的安装与使用 …… 14

1.4.1　三菱训练软件 MELSOFT FX TRAINER 的安装 …… 14

1.4.2　三菱训练软件 MELSOFT FX TRAINER 的使用 …… 18

1.5　思考与练习 …… 24

第 2 讲　三菱 FX 系列 PLC 编程初步 … 25

2.1　FX2N 系列 PLC 的 I/O 编程元件及使用 …… 26

2.1.1　编程元件概述 …… 26

2.1.2　输入继电器（X） …… 26

2.1.3　输出继电器（Y） …… 26

2.1.4　I/O 元件的基本使用 …… 26

2.1.5　电动机起动/停止编程（自锁环节） …… 27

2.1.6　电动机正反转编程（互锁环节） … 28

2.2　辅助继电器和数据寄存器 …… 29

2.2.1　辅助继电器（M）简介 …… 29

2.2.2　辅助继电器分类 …… 29

2.2.3　辅助继电器完成互锁环节 …… 31

2.2.4　数据寄存器（D） …… 31

2.3　定时器 …… 32

2.3.1　定时器的定时脉冲与分类 …… 32

2.3.2　定时器的定时时间设定与复位 …… 32

2.3.3　电动机延时停止编程 …… 33

2.3.4　电动机延时起动编程 …… 33

2.3.5　分时启动环节 …… 33

2.3.6　定时循环环节 …… 34

2.3.7　长时间延时环节 …… 34

2.3.8　闪动环节 …… 35

2.4　计数器 …… 36

2.4.1　内部计数器 …… 36

2.4.2　高速计数器（C235 ~ C255） …… 37

2.4.3　计数器编程案例 …… 39

2.5　简单应用指令 …… 40

2.5.1　应用指令的基本格式 …… 40

2.5.2　应用指令的规则 …… 40

2.5.3　传送、比较和转换指令 …… 41

2.5.4　程序流程控制指令 …… 43

2.5.5　四则运算指令 …… 47

2.5.6　移位指令 …… 49

2.5.7　批复位指令 ZRST …… 50

2.6　思考与练习 …… 50

第 3 讲　逻辑控制应用案例 …… 53

3.1　交通灯的 PLC 控制 …… 54

3.1.1　交通灯控制要求 …… 54

3.1.2　单方向交通灯控制程序 …… 54

3.1.3　单方向控制程序的编写 …… 55

3.1.4　单方向控制程序的仿真 …… 56

3.1.5　在交通灯控制程序中加入闪动环节 …… 58

3.1.6　交通灯控制程序 …… 60

3.1.7　实现信号时间可调的交通灯 …… 62

3.1.8　在程序中使用数据寄存器设置定时器设定值 …… 62

3.2　大、小物件的分类控制 …… 63

3.2.1　仿真环境 …… 63

3.2.2 I/O 分配 …… 64
3.2.3 控制要求 …… 65
3.2.4 物件的供给及输送带控制 …… 65
3.2.5 大、小物件的判断 …… 65
3.2.6 大、中、小指示灯控制 …… 67
3.3 包装流水线控制 …… 68
3.3.1 包装流水线仿真控制要求 …… 68
3.3.2 供给计数控制环节 …… 68
3.3.3 输送带的起停控制环节 …… 69
3.3.4 使用按钮起动输送带 …… 70
3.3.5 使用按钮起动输送带的另一种编程方法 …… 71
3.3.6 使用旋钮来起动输送带 …… 72
3.3.7 连续自动运行控制 …… 73
3.4 物件分拣与处理控制 …… 73
3.4.1 仿真控制要求说明 …… 73
3.4.2 控制程序的分析与分解 …… 74
3.4.3 物件供给、传送和判断控制部分 …… 75
3.4.4 大、中、小物件的后续处理控制 …… 76
3.4.5 修改控制要求并实现输送带节能运行 …… 79
3.5 思考与练习 …… 83
第 4 讲 SFC 指令与顺序控制 …… 84
4.1 顺序控制设计初步 …… 85
4.1.1 顺序控制设计法概述 …… 85
4.1.2 顺序控制设计法举例 …… 85
4.2 SFC 指令及其编程方法 …… 87
4.2.1 单流程结构编程方法 …… 87
4.2.2 多流程结构编程方法 …… 93
4.3 步进指令编程的应用 …… 100
4.3.1 大、小球分类选择性传送编程 …… 100
4.3.2 按钮式人行横道指示灯 …… 101
4.4 思考与练习 …… 103
第 5 讲 三菱 FX PLC 的模拟量控制 …… 105
5.1 模拟量入门知识 …… 106
5.1.1 PLC 处理模拟量的过程 …… 106
5.1.2 FROM 与 TO 指令 …… 106
5.2 FX0N-3A 模拟量模块 …… 107
5.2.1 FX0N-3A 的技术规格与接线 …… 107
5.2.2 程序设计 …… 110
5.2.3 模拟量输入与输出校准 …… 112
5.2.4 应用实例 …… 114
5.3 FX2N-2AD 与 FX2N-2DA 模拟量模块 …… 116
5.3.1 FX2N-2AD 主要性能与硬件连接 …… 116
5.3.2 FX2N-2AD 的编程与控制 …… 118
5.3.3 FX2N-2DA 主要性能与硬件连接 …… 119
5.3.4 FX2N-2DA 编程 …… 121
5.4 FX2N-4AD 模拟量输入模块 …… 122
5.4.1 FX2N-4AD 模拟量输入模块的技术指标与接线 …… 122
5.4.2 FX2N-4AD 缓冲寄存器 …… 124
5.4.3 FX2N-4AD 编程及应用 …… 127
5.5 FX2N-4DA 模拟量输出模块 …… 128
5.5.1 FX2N-4DA 模拟量输出模块的技术指标与接线 …… 128
5.5.2 FX2N-4DA 缓冲寄存器 …… 130
5.5.3 FX2N-4DA 编程应用 …… 132
5.6 思考与练习 …… 133
第 6 讲 三菱 FX PLC 的通信控制 …… 136
6.1 通信入门 …… 137
6.1.1 通信概述 …… 137
6.1.2 通信系统的基本组成 …… 137
6.1.3 通信方式 …… 137
6.1.4 通信介质 …… 139
6.1.5 PLC 的通信接口 …… 140
6.1.6 通信协议 …… 141
6.2 通信功能扩展板和通信模块 …… 141
6.2.1 RS-232C 通信用功能扩展板与通信模块 …… 141
6.2.2 FX2N-422BD 通信功能扩展板 …… 143
6.2.3 FX2N-485PC-IF 接口转换模块 …… 143
6.2.4 RS-485 通信用适配器和通信用功能扩展板 …… 143
6.3 FX PLC 与 PC 之间的通信 …… 144
6.3.1 FX PLC 与 PC 通信概述 …… 144
6.3.2 FX PLC 与 PC 的通信连接 …… 145
6.3.3 通信协议 …… 145
6.3.4 编程实例 …… 147
6.4 FX PLC 与 FX PLC 之间的通信 …… 150

6.4.1　多 PLC 的通信 …… 150
6.4.2　编程实例 …… 153
6.5　FX PLC 与三菱变频器的通信 …… 156
6.5.1　变频器的串口通信 …… 156
6.5.2　MODBUS 总线 …… 158
6.5.3　三菱 FX PLC 通过通信卡控制 3 台 A700 变频器 …… 158
6.6　思考与练习 …… 165
附录　维修电工题库（三菱 PLC 部分） …… 166
参考文献 …… 170

第 1 讲　三菱 FX 系列 PLC 入门

导读

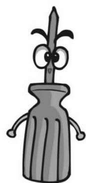
欢迎大家进入可编程序控制器（Programmable Logic Controller，PLC）的学习，我们要了解 PLC 是什么，它的基本结构是怎样的？我们如何使用 PLC 呢？首先，我们要了解 PLC 的性能；其次，在使用 PLC 前要完成安装和配线。在使用 PLC 之前，还要在上位机上安装相关软件才能进行梯形图编程，并下载到 PLC 中。本讲还为大家介绍了主流的三菱编程软件 GX Developer 的安装和使用、三菱仿真软件 MELSOFT FX TRAINER 的安装和使用。



应知

- 了解行业发展的主要历史
- 了解三菱 FX 系列 PLC 的性能
- 熟悉 PLC 的本质、用途及其发展，PLC 的常见输入/输出设备
- 了解三菱编程软件和适用 PLC 型号
- 了解三菱仿真软件及其功能

- 掌握三菱 FX 系列 PLC 的安装
- 掌握三菱 FX 系列 PLC 常见输入/输出设备的配线
- 能正确地安装三菱编程软件 GX Developer 软件
- 能使用 GX Developer 软件进行基本梯形图的编写和下载



应会

1.1 三菱PLC概述

1.1.1 PLC定义

PLC是在传统的顺序控制器的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术而形成的一代新型工业控制装置，目的是用来取代继电器、执行逻辑、计时、计数等顺序控制功能，建立柔性的程控系统。国际电工委员会（IEC）颁布了对PLC的规定：可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字的、模拟的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC及其有关设备，都应按易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。综上所述，PLC的本质就是工业专用计算机。

PLC具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点，其适用于工业环境的最突出的优点是超强的抗干扰能力，这是自动化设备长期安全工作的保证。可以预料：在工业控制领域中，PLC控制技术的应用必将形成世界潮流。

PLC程序既有生产厂家的系统程序，又有用户自己开发的应用程序，系统程序提供运行平台，同时，还为PLC程序可靠运行及信息与信息转换进行必要的公共处理。用户程序由用户按控制要求设计。

一般讲，PLC分为箱体式和模块式两种。但它们的组成是相同的，对箱体式PLC，有一块CPU板、I/O板、显示面板、内存块、电源等，当然按CPU性能分成若干型号，并按I/O点数又有若干规格。对模块式PLC，有CPU模块、I/O模块、内存、电源模块、底板或机架。无论哪种结构类型的PLC，都属于总线式开放型结构，其I/O能力可按用户需要进行扩展与组合。PLC的基本结构框图如图1-1所示。

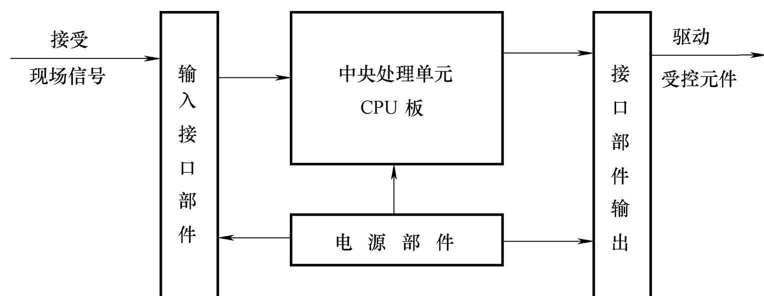


图1-1 PLC的基本结构框图

1.1.2 三菱FX系列PLC的性能

FX2N型PLC有一个16位微处理器和一个专用逻辑处理器。FX2N CPU运算处理速度为0.08μs/基本指令，是目前运行速度最快的小型PLC之一。FX2N系列PLC吸取了整体式和模块式PLC的优点，各单元间采用叠装式连接。

FX2N系列PLC的硬件包括基本单元、扩展单元（Extension Unit）、扩展模块（Exten-

sion Module）、模拟量输入/输出模块、各种特殊功能模块（Special Function Unit）及外部设备等。图1-2所示为FX2N-64MR面板介绍。

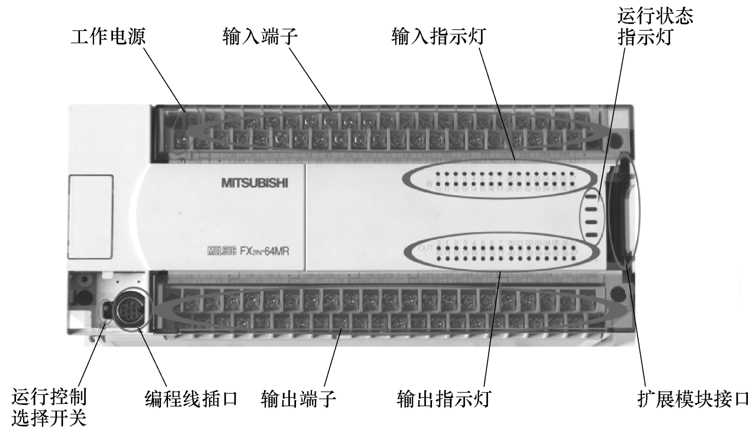


图1-2　FX2N-64MR面板介绍

FX2N系列PLC的基本单元见表1-1。

表1-1　FX2N系列PLC的基本单元

型号			输入点数	输出点数	扩展模块可用点数
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX2N-16MR-001	FX2N-16MS	FX2N-16MT	8	8	24~32
FX2N-32MR-001	FX2N-32MS	FX2N-32MT	16	16	24~32
FX2N-48MR-001	FX2N-48MS	FX2N-48MT	24	24	48~64
FX2N-64MR-001	FX2N-64MS	FX2N-64MT	32	32	48~64
FX2N-80MR-001	FX2N-80MS	FX2N-80MT	40	40	48~64
FX2N-128MR-001		FX2N-128MT	64	64	48~64

FX2N系列的性能技术指标见表1-2。

表1-2　FX2N系列的性能技术指标

项目	规格	备注
运转控制方法	通过储存的程序周期运转	
I/O控制方法	批次处理方法（执行END指令时）	I/O指令可以刷新
运转处理时间	基本指令：0.08μs　应用指令：1.52至几百μs指令	
编程语言	逻辑梯形图和指令清单	使用步进梯形图能生成SFC类型程序
程式容量	8000步内置	使用附加寄存器盒可扩展到16000步
指令数目	基本顺序指令：27 步进梯形指令：2 应用指令：128	最大可用298条应用指令
I/O配置	最大硬件I/O配置256，依赖于用户的选择（最大软件可设定地址输入256、输出256）	

（续）

项　目		规　格	备　注
辅助继电器（M 线圈）	一般	500 点	M0 ~ M499
	锁定	2572 点	M384 ~ M3071
	特殊	256 点	M8000 ~ 8255
状态继电器（S 线圈）	一般	490 点	S0 ~ S499
	锁定	400 点	S500 ~ S899
	初始	10 点	S0 ~ S9
	信号报警器	100 点	S900 ~ S999
定时器（T）	100ms	范围:0 ~ 3276.7s200 点	T0 ~ T199
	10ms	范围:0 ~ 3276.7s46 点	T200 ~ T245
	1ms 保持型	范围:0.001 ~ 32.767s4 点	T246 ~ T249
	100ms 保持型	范围:0.1 ~ 3276.7s6 点	T250 ~ T255
计数器（C）	一般 16 位	范围:0 ~ 32767 数 200 点	C0 ~ C199 类型:16 位上计数器
	锁定 16 位	100 点（子系统）	C100 ~ C199 类型:16 位上计数器
	一般 32 位	范围: − 2147483648 ~ + 32147483648 数 35 点	C200 ~ C219 类型:32 位上/下计数器
	锁定 32 位	15 点	C220 ~ C234 类型:32 位上/下计数器
高速计数器（C）	单相	范围: − 2147483648 ~ + 2147483648 数 一般规则:选择组合计数频率不 大于 20kHz 计数器组合 注意所有的计数器都锁定	C235 ~ C240　6 点
	单相 c/w 起始停止输入		C241 ~ C245　5 点
	双相		C246 ~ C250　5 点
	A/B 相		C251 ~ C252　5 点
数据寄存器（D）	一般	200 点	D0 ~ D199 类型:32 位元件的 16 位数据存储寄存器
	锁定	7800 点	D200 ~ D7999 类型:32 位元件的 16 位数据存储寄存器
	文件寄存器	7000 点	D1000 ~ D7999 通过 14 块 500 程式步的参数设置类型:16 位数据存储寄存器
	特殊	256 点	D8000 ~ D8255 类型:16 位数据存储寄存器
	变址	16 点	V0 ~ V7 和 Z0 ~ Z7 类型:16 位数据存储寄存器
指标（P）	用于 CALL	128 点	N0 ~ P127
	用于中断	6 输入点、3 定时器、6 计数器	100 * ~ 130 * （上升触发 * = 1，下降触发 * = 0，* * = 时间（单位:毫秒））
嵌套层次		用于 MC 和 MRC 时 8 点	N0 ~ N7
常数	十进位（K）	16 位: − 32768 ~ 32768　32 位: − 2147483648 ~ + 2147483647	
	十六进位（H）	16 位: − 32768 ~ + 32768　32 位: − 214783648 ~ + 2147483647	

1.2　三菱 FX 系列 PLC 安装及接线

1.2.1　FX2N 系列 PLC 的安装环境

PLC 的安装环境应满足其各项技术要求。安装在环境温度为 0～55℃，相对湿度小于 89%大于 35%RH（相对湿度的单位）；无导电性尘埃和油烟、无腐蚀性及可燃性气体的场合中。

PLC 不要安装在发热器件附近，不能安装在高温、结露、雨淋的场所，在粉尘多、油烟大、有腐蚀性气体的场合安装时要采取封闭措施；在封闭的电器柜中安装时，要注意解决通风问题。另外，PLC 要安装在远离强烈振动源及强烈电磁干扰源的场所，否则需采取减振及屏蔽措施。

1.2.2　FX2N 系列 PLC 的安装方式

PLC 的固定安装有两种方式：一是直接利用机箱上的安装孔，用 M4 螺钉对准螺孔，将机箱固定在控制柜的背板或面板上，各器件之间要留 1～2mm 间隙；二是利用 DIN 导轨安装，这需先将 DIN 导轨（35mm 宽）固定好，再将 PLC 及各种扩展单元卡上 DIN 导轨。拆卸主机时将 DIN 导轨挂钩向下拉出。

扩展单元使用扩展电缆与基本单元连接。FX2N 系列 PLC 安装位置如图 1-3 所示。

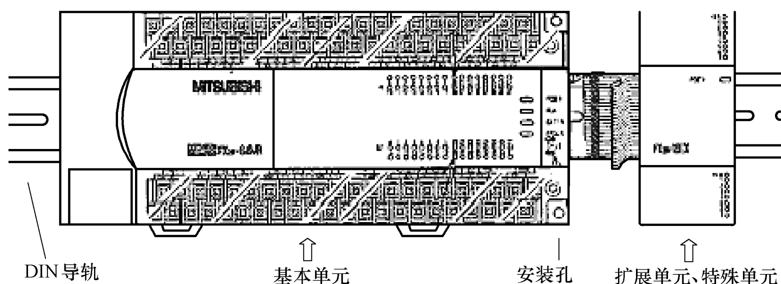


图 1-3　FX2N 系列 PLC 安装位置图

在进行安装、配线时，要注意不要让线头或其他金属物件落入通风口内，以免引起火灾、故障、误动作等。

在安装结束后，要拆除通风口上的防尘罩，以确保通风良好。

安装时还要注意在 PLC 周围留足散热及接线的空间。

1.2.3　FX2N 系列 PLC 的配线

PLC 在工作前必须正确地接入控制系统。和 PLC 连接的主要有 PLC 的电源接线、输入/输出器件的接线、通信线、接地线等。PLC 接线端子排列图（FX2N-64MR）如图 1-4 所示。

1. 电源接入及接地

FX2N 系列 PLC 大多为 AC 电源，DC 输入形式，其基本单元的供电采用交流供电，对电压的要求比较宽松，额定电压为 100～240V。采用交流供电的 PLC 内自带直流 24V 内部

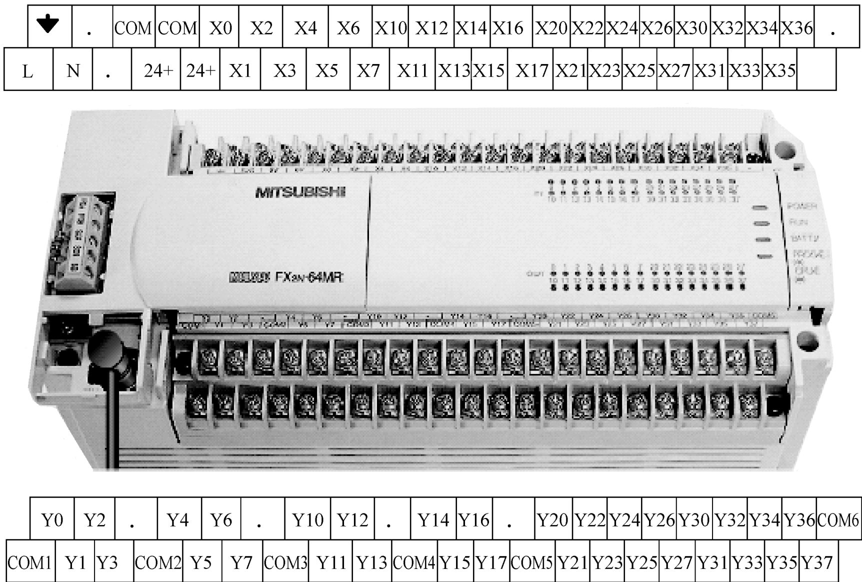


图 1-4　PLC 接线端子排列图（FX2N-64MR）

电源，为输入器件及扩展模块供电，其端子是“24 +” 端子，注意不能外接电源。

在 PLC 接线端子排列图中，上部端子排中标有 L 及 N 的接线位为交流电源相线及中线的接入点。

基本单元的接地采用 $2mm^2$ 以上电线，实行第三种接地，但是不能与其他强电公共接地。端子“.”为空端子，不要配线。FX2N 基本单元输入接线如图 1-5 所示。

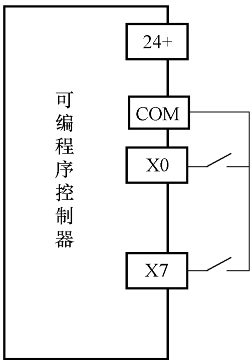


图 1-5　FX2N 基本单元输入接线

2. 输入口器件的接入

PLC 的输入口连接输入信号，接收来自于现场的状态和控制命令。器件主要有开关、按钮及各种传感器，这些都是触点类型的器件。在接入 PLC 时，每个触点的两个接头分别连接一个输入点及输入公共端。PLC 一般提供 2 ~3 个输入公共端，它们是同位点。COM 端内部连于直流电源，因此如果将 AC 电源接在输入端则会损坏 PLC。

PLC 的开关量输入接线点都是螺钉接入方式，每一位信号占用一个螺钉。

3. 输出口器件的接入

PLC 的三种输出形式的外部配线如图 1-6 所示。

PLC 的输出口用以驱动外部设备。以最为常见的继电器输出为例，与 PLC 输出口相连的器件主要有继电器、接触器、电磁阀的线圈等。PLC 输出端子内部是一组开关接点，输出器件受外部电源驱动，接入器件时，器件与外部电源串联连接，一端接输出点螺钉，另一端接与之相对应的公共端。

由于输出器件的类型不同，所需的电源电压也不同，因此输出端子分为若干组，每组有自己的公共端，而且各组是相互隔离的。可参看图 1-6 所示的三种输出形式的外部配线图。

另外，对于同时 ON 会造成危险的正反转接触器的线圈，除了 PLC 内部程序中要联锁外，在外部线路里也一点要联锁。

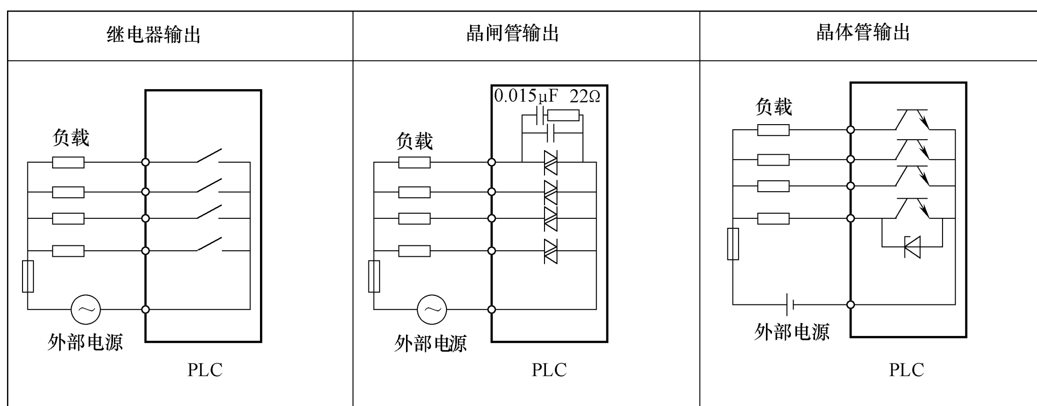


图 1-6　三种输出形式的外部配线图

4. 配线注意事项

在安装和配线时，必须全部切断外部电源后方可进行操作。

在配线结束后，必须将端子盖板盖上以防触电事故。

PLC 输入和输出线不能走同一电缆。

PLC 输出线和其他动力线（30～50mm）分开配线。

1.3　三菱编程软件 GX Developer 的安装与使用

1.3.1　三菱编程软件 GX Developer 的安装

GX Developer 是三菱公司为其 PLC 配套开发的编程软件，适用于三菱全系列 PLC。GX Developer 是一个功能强大的 PLC 开发软件，具有程序开发、监视、仿真调试以及对 PLC CPU 的读写等功能。

下面介绍该软件的安装步骤。首先安装“通用环境”。打开安装文件夹，双击文件夹“EnvMEL”，如图 1-7 所示，随即出现如图 1-8 所示界面，双击“SETUP”可执行文件进行安装，过程中一直点击下一步，即可完成安装。

在“通用环境”安装完成后再安装编程软件，打开安装文件夹，双击“SETUP”可执行文件，出现如图 1-9 所示界面。

随即会出现如图 1-10 所示的可能安装失败的提示界面，这是系统检测到在安装该软件时还有其他应用软件运行，这可能会导致软件安装失败，将其他能关闭的软件尽量关闭，然后点击“确定”。

接下来出现的是图 1-11 所示的安装欢迎界面，注意下面的“安装”提示，再次提醒，在安装的时候，最好把其他应用程序关掉，包括杀毒软件、防火墙、IE、办公软件等。因为这些软件可能会调用需要用到的系统文件，影响安装的正常进行。确定已将其他应用程序关闭后，点击“下一个”。



图 1-7　安装“通用环境”



图 1-8　执行安装文件



图 1-9　安装界面

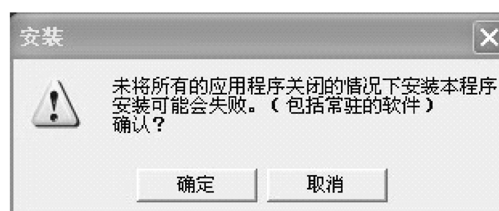


图 1-10　可能安装失败的提示界面



图 1-11　安装欢迎界面

点击“下一个”后，出现如图 1-12 所示的“用户信息”。



图 1-12　用户信息

注册信息随意，输入各种注册信息后，选择“是”，然后出现如图 1-13 所示的“输入产品序列号”对话框。



图 1-13　输入产品序列号对话框

输入序列号之后的操作如图 1-14 所示，点击“下一个”，进入下一步安装。

点击“下一个”后出现如图 1-15 所示的界面，注意：如在这里选择监视器专用 GX Developer 选项，则所安装的软件不能进行 PLC 程序的编程和写入，仅可以对 PLC 的程序进行读出并监视。因此，我们在这里对这个选项不打钩，然后点击“下一个”，进入下一步安装。



图 1-14　选择结构化文本语言编程功能



图 1-15　选择是否安装有功能限制的版本界面

点击“下一个”后出现如图 1-16 所示的界面，在“MEDOC 打印文件的读出”与“从 Melsec Medoc 格式导入”打钩，然后点击“下一个”，进入下一步安装。

点击“下一个”后，出现如图 1-17 所示的界面，选择想要的目标文件夹之后，点击“下一个”，进入下一步安装。

到此结束，后面等待安装完成。

1.3.2　三菱编程软件 GX Developer 的使用

下面，我们来介绍三菱编程软件 GX Developer 的使用。



图 1-16　安装部件



图 1-17　选择目标文件夹

当我们要开始一个程序的编写或输入时，首先要创建一个新工程。双击打开 GX Developer 软件，在菜单栏中点击"工程"，然后点击"创建新工程"（见图 1-18）。

点击"创建新工程"之后会出现如图 1-19 所示的界面。这里要根据所使用的 PLC 来选择 PLC 系列以及类型，然后选择我们所要使用的编程语言类型，一般采用梯形图（或者系统功能块）进行编程。

根据我们所使用的 PLC 硬件，选择好 PLC 类型后就进入到图 1-20 所示的一个新工程的编程界面。要注意的一点是，如果在新建工程时类型选择错误，则编写好的程序将不能正确下载到 PLC 中，我们还可以通过"工程"菜单中的"改变 PLC 类型"命令重新调整 PLC 类型。



图 1-18　创建新工程

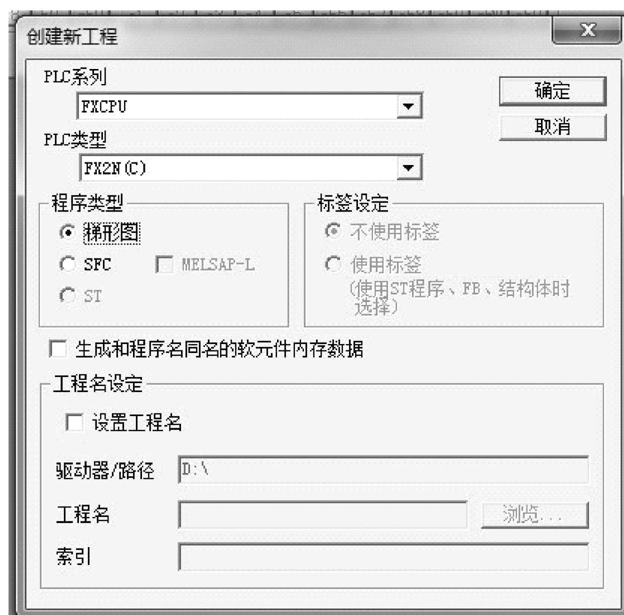


图 1-19　选择 PLC 类型

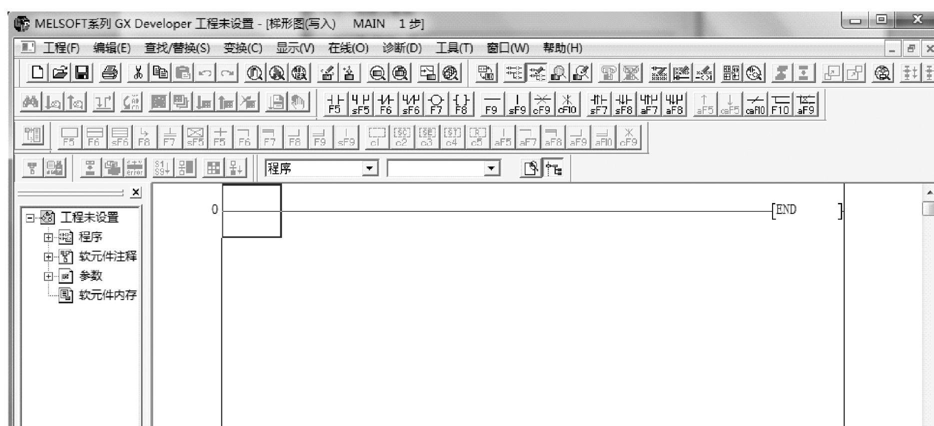


图 1-20　新工程界面

在图 1-20 所示的界面上，我们可以看到系统默认打开了一些工具条，接下来我们来认识编程工具条，元件图标如图 1-21 所示，通过这个工具条可以完成常开、常闭触点的串、并联线的连接和删除、线圈输出、功能语句以及上升沿和下降沿触点的使用。我们可以在工具条上直接点击选取，也可以采用每个工具条下面所示的快捷键与“Shift”和“Fn”的组合键来选取。



图 1-21　元件图标

1.4　三菱训练软件 MELSOFT FX TRAINER 的安装与使用

1.4.1　三菱训练软件 MELSOFT FX TRAINER 的安装

三菱模拟软件 FX-TRN 是针对 FX 系列 PLC 设计的一套模拟软件，可以帮助初学者掌握和理解 FX 的指令系统。FX-TRN-BEG-C 仿真软件可以进行仿真编程和仿真运行，并模拟仿真 PLC 控制现场机械设备运行。

使用 FX-TRN-BEG-C 仿真软件，须将显示器像素调整为 1024 * 768 以上，如果显示器像素较低，则无法运行该软件。

※安装步骤

首先打开三菱安装包，点击“三菱”文件夹如图 1-22 所示。

双击打开该文件夹，文件夹里的内容如图 1-23 所示，选择“FX 学习软件”文件夹。

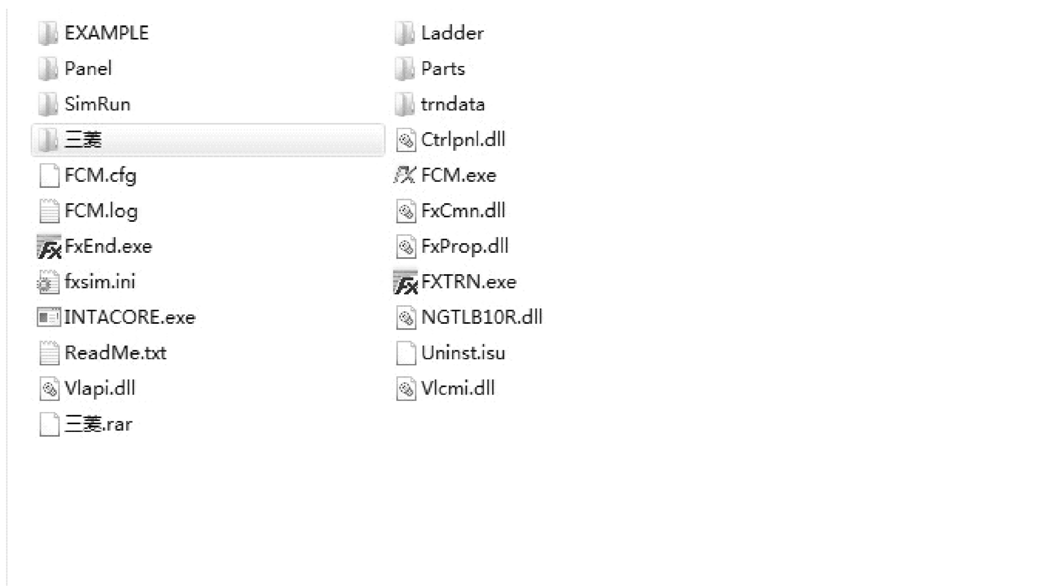


图 1-22　点击“三菱”文件夹

名称	修改日期	类型	大小
FX学习软件	2012/5/1 18:19	文件夹	
三菱编程软件、触摸屏	2012/5/1 18:20	文件夹	
三菱MelsecOPCServer3.11软件.exe	2010/11/30 13:51	应用程序	46,637 KB

图 1-23　选择"FX 学习软件"文件夹

双击打开"FX 学习软件"文件夹，你会看到如图 1-24 所示的界面，选择"Setup. exe"进行安装。

如图 1-25 所示，点击"下一步"。

如图 1-26 所示，选择目标文件夹。

在这里，可以选择安装在默认的文件夹中，也可以点击浏览自己定义安装到什么文件夹，如图 1-27 所示。

选择好文件夹后点击"下一步"出现图 1-28 的界面，点击"下一步"继续安装。

安装进程如图 1-29 所示。

当值变为 100% 后，会出现如图 1-30 的界面，点击"完成"。

名称	修改日期	类型	大小
INST32I.EX	2010/1/25 15:12	EX_ 文件	290 KB
_ISDel.exe	2010/1/25 15:12	应用程序	27 KB
_Setup.dll	2010/1/25 15:12	应用程序扩展	34 KB
_SYS1.CAB	2010/1/25 15:12	Cab 文件	168 KB
_SYS1.HDR	2010/1/25 15:12	HDR 文件	4 KB
_USER1.CAB	2010/1/25 15:12	Cab 文件	2 KB
_USER1.HDR	2010/1/25 15:12	HDR 文件	5 KB
AUTORUN.INF	2010/1/25 15:12	安装信息	1 KB
CDIcon.ico	2010/1/25 15:12	图标	2 KB
DATA.TAG	2010/1/25 15:12	TAG 文件	1 KB
DATA1.CAB	2010/1/25 15:12	Cab 文件	33,759 KB
DATA1.HDR	2010/1/25 15:12	HDR 文件	87 KB
LANG.DAT	2010/1/25 15:12	DAT 文件	23 KB
LAYOUT.BIN	2010/1/25 15:12	BIN 文件	1 KB
OS.DAT	2010/1/25 15:12	DAT 文件	1 KB
SETUP.BMP	2010/1/25 15:12	位图图像	144 KB
Setup.exe	2010/1/25 15:12	应用程序	72 KB
SETUP.INI	2010/1/25 15:12	配置设置	1 KB
SETUP.INS	2010/1/25 15:12	INS 文件	59 KB
SETUP.LID	2010/1/25 15:12	LID 文件	1 KB
Thumbs.db	2010/1/25 15:12	Data Base File	6 KB
新建 波形声音.wav	2010/1/25 15:12	WAV文件	1 KB

图 1-24　选择"Setup. exe"

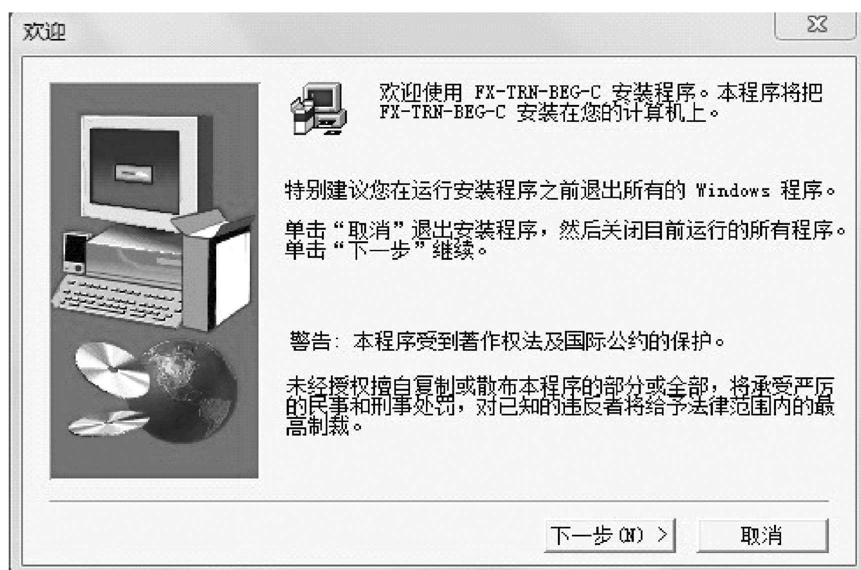


图 1-25　点击“下一步”

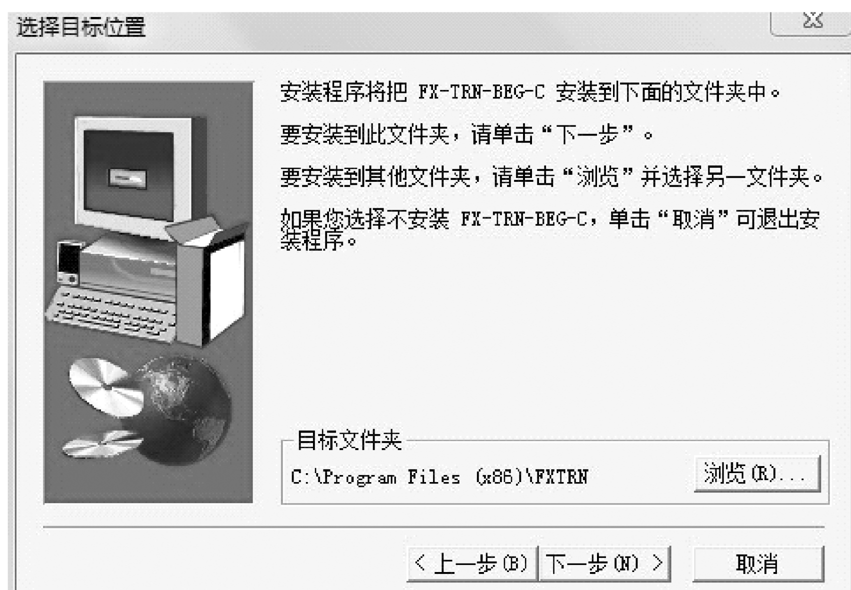


图 1-26　选择目标文件夹

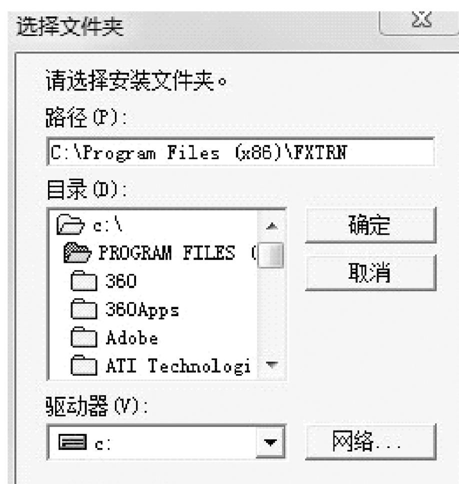


图 1-27　自定义安装



图 1-28　点击“下一步”



图 1-29　安装进程

直接点击“完成”我们就完成安装了。



图 1-30　点击“完成”

1.4.2　三菱训练软件 MELSOFT FX TRAINER 的使用

在启动软件后，会出现一个登录界面，你已输入一个用户名和密码作为你学习的一个记录，不过一般来说没有必要去设置，只要点击开始就好了。登录界面如图 1-31 所示。

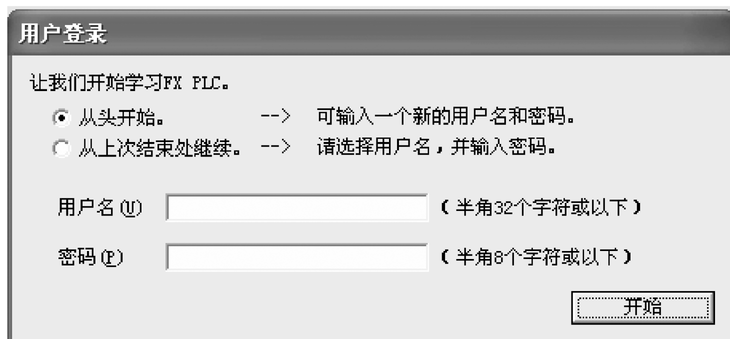


图 1-31　登录界面

接着出现训练的主界面，共有 A 到 F 六个学习阶段，由简单到困难，由浅入深，建议初学者从 A 开始一步一步学起，开始先认真了解一下软件使用的有关事项。主界面如图 1-32所示。

培训界面如图 1-33 所示。

说明：3-D 界面仿真和操作面板中的 X 和 Y 是指控制其相应设备的输入和输出，如传送带旁写有的“Y1（传送带正转)”指的是当 PLC 的 Y1 为 1 时，传送带就正向运转，传感器 X0 指的是检测物体的传感器在 PLC 的输入是 X0，等等。

索引窗口指导你学习的方法和学习步骤，刚开始学习时建议你按照它的提示一步一步来做，熟练后可以不按提示步骤，可以利用已知的指令对模拟的动作加以扩展，如索引窗口中要求实现按下按钮（如 X1）后机器摇臂供给（Y0 =1），你可以用你学过的定时器或其他方

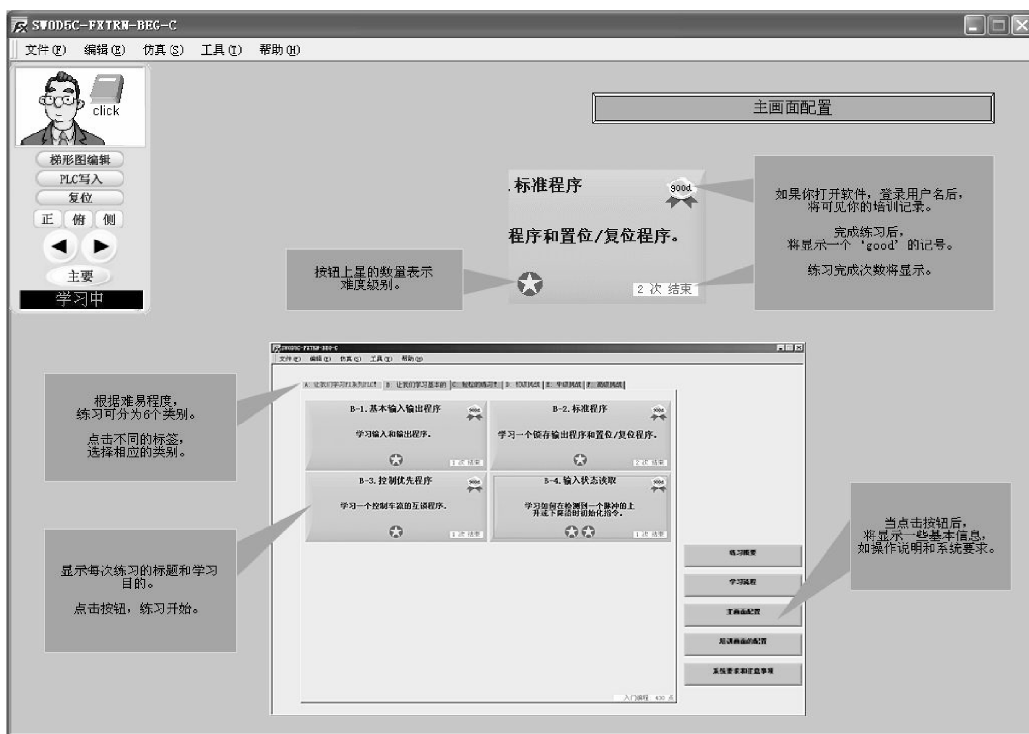


图 1-32　主界面



图 1-33　培训界面

法来实现机器摇臂的自动供给。但编程时必须和 3-D 仿真界面及操作面板中提供的输入/输出地址相同（如机器摇臂供给地址是 Y0，在编程时必须使 Y0 = 1 才能供给货物）。

下面重点介绍梯形程序区域的用法：

1）在输入程序或操作程序区域各菜单时，必须使该区域处于激活状态，方法是：点击左上角人像下面的“梯形图编辑”按钮，此时梯形图输入区域上方的蓝色条变为深蓝色（未激活时是蓝色），图 1-34 所示就是程序输入区域激活前后的对比。

图 1-34　程序输入区域激活前后的对比

点击“梯形图编辑”进入编程状态，该软件只能利用梯形图编程，并通过点击界面左下角“转换程序”按钮或“F4”热键，将梯形图转换成语句表，以便写入模拟 PLC 主机。但是该软件不能用语句表编程，也不能显示语句表。

在编程区的左右母线之间编制梯形图，编程区下方显示可用鼠标左键点击或者热键调用的元件符号栏，如图 1-35 所示。

图 1-35　元件符号栏及编程热键

元件符号栏的说明如下：

：将梯形图转换成语句表（“F4”为其热键）；

：放置常开触点；

：并联常开触点；

：放置常闭触点；

：并联常闭触点；

：放置线圈；

：放置指令；

：放置水平线段；

：放置垂直线段于光标的左下角；

：删除水平线段；

：删除光标左下角的垂直线段；

：放置上升沿有效触点；

：放置下降沿有效触点。

元件符号下方的“F5～F9”等，分别对应键盘上方的编程热键，其中大写字母前的小写s表示Shift＋；c表示Ctrl＋；a表示Alt＋。

2）梯形图编程采用鼠标法、热键法和指令法均可调用、放置元件。

① 鼠标法：移动光标到预定位置，鼠标左键单击编程界面下方的某个触点、线圈或指令等符号，弹出元件对话框，如图1-36所示。输入元件标号、参数或指令，即可在光标所在位置放置元件或指令。



图1-36　元件对话框

② 热键法：点击某个编程热键，也会弹出元件对话框，其他同上。

③ 指令法：如果对编程指令助记符及其含义比较熟悉，利用键盘直接输入指令和参数，可快速放置元件和指令。例如：输入“LD　X1”，将在左母线加载一个X1常开触点；输入“ANDF　X2”，将串连一个下降沿有效触点X2；输入“OUT　T1　K100”，将一个10s计时器的线圈连接到右母线。

线段只能使用鼠标法或者热键法放置，而且竖线段将放置在光标的左下角。

3）菜单的用法。菜单中的各项目和其他软件的内容差不多，下面只介绍几个不同之处和用得比较多的菜单项。

①“转换”——“转换（F4）”：当在程序输入区域输入程序或程序有改动后，新输入的程序或改动部分背景色会变为灰色，如图1-37所示，此时执行此菜单项对程序进行编译（或按“F4”键或程序输入区域下方快捷菜单最左边的转换按钮　），如程序无错误，就会编译通过，程序背景色变成白色。



图1-37　背景色变为灰色

②“在线”——“写入 PLC”：程序写完并编译通过后，执行此项，模拟写入 PLC（实际上 PLC 并不存放），写入完成后，会出现“写入完成，仿真将启动”对话框，点击“确定”后，右侧“输入/输出映像表”中的“RUN”的指示灯 就会亮，表示 PLC 已经运行，这时就可以使用操作面板中的操作按键进行模拟了。此功能也可以通过左上角人像下面的“PLC 写入”按钮来实现。

4）梯形图工具栏的说明。在程序输入区域的上方有个梯形图工具栏，包括了常用的各种绘制梯形图的工具。当把鼠标放于某个工具图标上时，会显示该工具的名称（如常开、常闭、线圈、应用指令、上升沿、下降沿等。）

① 常开、常闭指令 ：同电气原理图中的常开、常闭一样，使用方法也大体一样。如图 1-38 所示的这段程序是电气控制中常用的自保停电路的 PLC 梯形图，其中 X000 接启动按钮（常开），X001 接停止按钮（常闭，需要注意的是根据梯形图，停止按钮必须接常开，如和电气原理图中一样也接常闭，则此梯形图不会有输出。这是因为如停止按钮接常闭，X001 就会等于 1，则梯形图中的 X001 常闭触点就会断开。如非要停止按钮接常闭触点，则梯形图中的 X001 应换为常开，Y000 则接控制电动机的接触器线圈。你可以看一下是否和电气原理图中的分析方法一样。

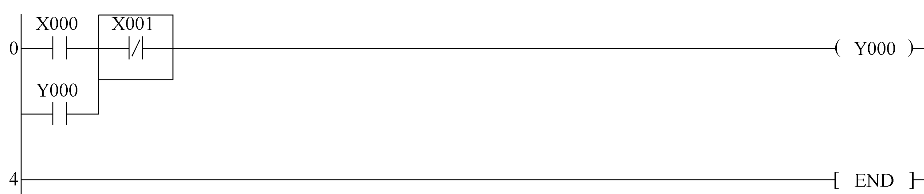


图 1-38 实例 1

另外，PLC 外接开关（如开始按钮、停止按钮等）的形式最好是常开触点，这样在 PLC 程序图中的分析方法才能和电气原理图的分析方法一样。

② 上升沿和下降沿指令 ：这些触点只在闭合的上升沿或下降沿时动作。如图 1-39 所示，只在 X000 的上升沿执行后面的加法指令，而当 X000 闭合时，则不会执行加法指令，这样可以减少 PLC 的程序扫描时间。



图 1-39 实例 2

③ 线圈指令 ：是 PLC 的线圈驱动信号，可以用来驱动 Y、M、S、T、C 这些 PLC 内部元件的线圈。在输入定时器或计数器时，除了设置线圈号外，还需输入设定值。如图1-40 所示为定时器指令输入时的对话框，其中的 K10 是十进制的 10（十六进制以 H 开头，应是 H10，即十进制的 16），在三菱 PLC 中的 T0 的计时单位为 100ms，因此输入 T0 是计时10 × 100ms = 1s，到时候，T0 的常开触点闭合，常闭触点断开。

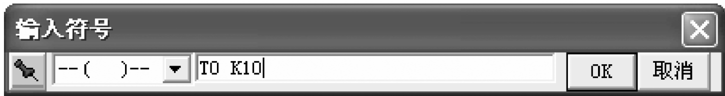


图 1-40　定时器指令输入时的对话框

计数器也一样，但不分计数单位，如图 1-41 所示，读数器 C0 计数到 100 时，其常开触点闭合，常闭触点断开。

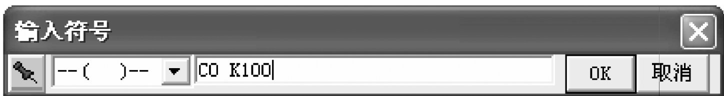


图 1-41　计数器指令输入时的对话框

④ 应用指令　　：主要是一些四则运算指令（加、减、乘、除），逻辑指令（或、与、异或等）和特殊模块指令等，在输入时，请查看相关的指令手册。如图 1-42 所示是输入加法指令时的界面，其含义是：D1 = D0 + 100。



图 1-42　输入加法指令时的界面

5）在编写程序时可能会出现一些错误，那要如何纠正错误呢？

① 删除元件：点击键盘“Del”键，删除光标处元件；点击回退键，删除光标前面的元件。线段只能使用鼠标法或者热键法删除，而且应使要删除的竖线在光标左下角。

② 修改元件：鼠标左键双击某元件，弹出元件对话框。选择元件、输入元件标号，可对该元件进行修改编辑。

③ 右键菜单：单击鼠标右键，弹出右键菜单如图 1-43 所示，可对光标处进行撤消、剪切、复制、粘贴、行插入、行删除等操作。

撤消(U)　Ctrl+Z
剪切(T)　Ctrl+X
复制(C)　Ctrl+C
粘贴(P)　Ctrl+V
行插入(N)　Shift+Ins
行删除(E)　Shift+Del
自由连线输入(L)　F10
自由连线删除(R)　Alt+F9
转换(N)　F4

图 1-43　右键菜单

另在以下目录中对应每个练习阶段都有对应的例程，学习时可以参考：培训软件安装目录/FXTRN/EXAMPLE。

在培训软件的梯形图输入界面的“工程→打开工程”可以找到相应的目录打开文件，再写入 PLC 后进行演示模拟。

文件的命名方法是：如文件名是 A-3-1，对应的是 A 阶段学习第 3 节的程序，文件名最后一个数字 1 表示是第一个程序（有多个不同的程序，只是在控制方式上有区别，如手动和自动的区别）。

1.5 思考与练习

习题1.1 请概述PLC的本质。

习题1.2 请简述PLC的特点。

习题1.3 有一PLC型号为FX2N-32MR，请说出其输出器件类型，输入/输出点数。

习题1.4 PLC程序既有生产厂家的________程序，又有用户自己开发的________程序。

习题1.5 和PLC连接的主要有PLC的____________接线、____________接线、通信线、____________线等。

习题1.6 PLC的输入口连接输入信号，接收来自于现场的__________和__________。器件主要有____________、____________及各种____________，这些都是触点类型的器件。

习题1.7 在接入PLC时，每个触点的两个接头分别连接一个输入点及____________。

习题1.8 继电器输出类型的PLC，与PLC输出口相连的器件主要有____________、____________、电磁阀的线圈等。

习题1.9 PLC输出端子内部是一组开关接点，输出器件由外部电源驱动，接入器件时，器件与外部电源____________联连接，一端接____________螺钉，另一端接与之相对应的____________。

习题1.10 判断下列说法正误，在后面的括号中用T表明正确，用F表明错误。

（1）PLC可以安装在发热器件附近。 （ ）

（2）PLC可以安装在高温、结露、雨淋的场所。 （ ）

（3）PLC可以安装在粉尘多、油烟大、有腐蚀性气体的场合。 （ ）

（4）PLC要安装在远离强烈振动源及强烈电磁干扰源的场所。 （ ）

（5）FX2N系列PLC可以用普通的220V交流电给其供电。 （ ）

（6）PLC上部端子排中标有L及N的接线位为交流电源相线及中线的接入点。 （ ）

（7）PLC一般提供2～3个输入公共端，它们是同位点。 （ ）

（8）COM端内部连于直流电源，因此如果将AC电源接在输入端则会损坏PLC。 （ ）

（9）对于同时启动会造成危险的正反转接触器的线圈，除了PLC内部程序中要联锁外，在外部线路里也一点要联锁。 （ ）

（10）在安装和配线时，可以带电操作。 （ ）

（11）在配线结束后，必须将端子盖板盖上以防触电事故。 （ ）

（12）PLC输入和输出线可以走同一电缆。 （ ）

（13）PLC输出线和其他动力线（30～50mm）分开配线。 （ ）

习题1.11 动手安装一个PLC并对其正确配线，要求为PLC连接电源，连接一个按钮开关，一个继电器。

习题1.12 在计算机上安装三菱编程软件GX Developer，并新建一个FX1N的工程。

习题1.13 在计算机上安装三菱仿真训练软件FXTRN-BEG-C。

习题1.14 打开三菱仿真训练软件FXTRN-BEG-C学习A-1、A-2、A-3。

第 2 讲　三菱 FX 系列 PLC 编程初步

导读

在正式进入 PLC 编程学习之前，让我们先来了解 PLC 的编程元件，也就是我们编程的对象，相当于在低压电器控制系统中我们所使用的元器件。无论多复杂的程序都是由许多基本的编程环节组成的，因此我们在编程入门的时候来学习几个基本的编程环节，在实际应用中有许多场合要求进行定时，这些功能在低压电器控制系统中是用时间继电器等来完成的。除此之外，本讲还介绍了包括数据传送、程序流程控制、四则运算等应用指令。



应知

- 熟悉 PLC 的输入/输出继电器的基本概念
- 适用自锁和互锁的条件及其在 PLC 程序中的的实现
- 辅助继电器的分类，特殊辅助继电器的功能及其使用
- 熟悉 PLC 中定时器、计数器的基本概念及其使用方法
- 熟悉 PLC 简单应用指令的格式及其使用方法

- 能编写电动机起动/停止梯形图程序
- 能编写电动机正反转梯形图程序
- 能利用辅助继电器实现两输出线圈的互锁
- 能利用定时器完成电动机延时起动和延时停止编程
- 能利用计数器完成包装计数等编程
- 能充分使用简单应用指令来完成基本程序的编制



应会

2.1 FX2N 系列 PLC 的 I/O 编程元件及使用

2.1.1 编程元件概述

PLC 作为工业控制用专用计算机，为了更好地表达控制逻辑关系，将存储单元划分成几个大类，称之为编程元件。PLC 内部的编程元件是我们进行编程操作的对象，不同的编程元件在程序工作过程中完成不同的功能。

为了便于理解，特别是便于熟悉低压电器控制系统的工程人员理解，通俗地称之为输入、输出继电器、定时器、计数器等，但它们与真实元件有很大的差别，是“软继电器”。所谓“软继电器”，是系统软件用二进制一个位的“开”和“关”的状态，来模拟继电器的“通”和“断”的状态。因此，这些“软继电器”的工作线圈没有工作电压等级、功耗大小和电磁惯性等问题；触点没有数量限制，没有机械磨损和电蚀等问题。

正如上面所说，编程元件实质上是存储器中的位（或字），因此其数量是很大的，为了区分它们，给它们每类用字母标识，并在其后编号。在 FX2N 系列产品中，X 代表输入继电器，Y 代表输出继电器，M 代表辅助继电器，T 代表定时器，C 代表计数器，S 代表状态继电器，D 代表数据寄存器等。

2.1.2 输入继电器（X）

PLC 的输入端子是从外部开关接收信号的窗口，PLC 内部与输入端子连接的输入继电器 X 是用光电隔离的电子继电器，它们的编号与接线端子编号一致（按八进制编号）。

输入继电器的线圈的吸合或释放只取决于与之相连的外部触点的状态，因此其线圈不能由程序来驱动，即在程序中不出现输入继电器的线圈。在程序中使用的是输入继电器常开/常闭两种触点，且使用次数不限。

基本单元输入继电器线圈都是八进制编号的地址，输入为 X000 ～ X007，X010 ～ X017，X020 ～X027 等。输入继电器一般排列于机器的上端。基本单元输入继电器的编号是固定的，扩展单元和扩展模块的编号是按与基本单元最靠近的开始，顺序进行编号。

2.1.3 输出继电器（Y）

PLC 的输出端子是向外部负载输出信号的窗口。输出继电器的线圈由程序控制，输出继电器的外部输出主触点接到 PLC 的输出端子上供外部负载使用，内部常开/常闭触点供内部程序使用。

输出继电器的常开/常闭触点使用次数不限。输出电路的时间常数是固定的 。各基本单元都是八进制输出，输出为 Y000 ～Y007，Y010～Y017，Y020～Y027 。它们一般位于机器的下端，与输入继电器一样，基本单元的输出继电器编号是固定的，扩展单元和扩展模块的编号也是按与基本单元最靠近的开始，顺序进行编号。

2.1.4 I/O 元件的基本使用

图 2-1 所示的梯形图是通过一个输入继电器 X000 常开触点的通断来控制输出继电器 Y0

的得电和失电。梯形图最左边的竖线叫做左母线，最右边的竖线叫做右母线，两根母线可看作具有 220V 电压。当 X000 的常开触点闭合时，Y0 的线圈两端就被加上电压，线圈得电。



图 2-1　输入、输出继电器的使用

除了直接用输出线圈的方式来对输出继电器进行编程外，我们还可以用置位 SET 和复位 RST 指令来操作输出继电器。当 SET 指令前面的条件成立时（线路被接通），输出继电器被置位，即成为得电状态，这与直接输出线圈的区别在于，即使之后前面的条件不成立（线路被断开），输出继电器仍然保持得电状态，直到 RST 指令被执行，输出继电器才被复位。因此出现了 SET 指令必定要有 RST 指令与之配合，如图 2-2 所示。

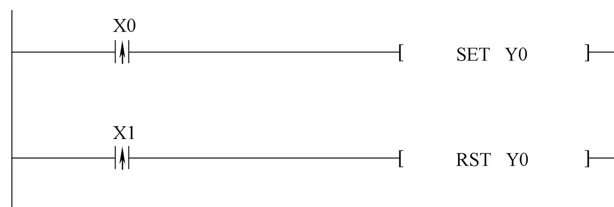


图 2-2　用置、复位指令控制输出继电器

读者应该观察到了，在这个梯形图里 X0 和 X1 的常开触点里多了一个向上的箭头。这表示上升沿触点，即该触点在 X0 得电的上升沿闭合一个扫描周期，下一个扫描周期又复位。如果用普通的触点，哪怕你仅按下按钮 1s，在此期间，由于 PLC 的扫描周期是 ns 级的，PLC 就反复执行了无数次这条指令。因此，置位和复位指令前面的执行条件，我们一般采用上升沿或下降沿脉冲。在今后的编程应用中，你能体会到这样控制输出继电器的精准性。

2.1.5　电动机起动/停止编程（自锁环节）

图 2-3 所示是 PLC 输入/输出设备连接图，如果外部 X0 连接一个按钮开关，而 Y0 连接一个接触器的线圈，接触器主触头接至电动机主电路，则被称为点动控制电路。

【实例 1】　在实际应用中，如果要用一个起动和一个停止按钮并通过 PLC 来控制一个电动机的起动和停止，即电动机起动/停止编程。这里起动按钮和停止按钮就是 PLC 的输入设备，而接触器则是 PLC 的输出设备。

图 2-4 所示是电动机主电路连接图。

确定 X0 所连的按钮开关为起动按钮，而 X1 所连的按钮开关为停止按钮。然后使用如下梯形图利用输入、输出继电器完成对电动机起动/停止功能的控制。注意，图 2-5 与图 2-1 所示的梯形图进行比较会发现在 X000 的常开触点下面并联了一个 Y0 的常开触点，当 Y0 线圈得电后，Y0 的常开触点会由断开转为闭合，这个环节我们叫做“自锁”，想想看这样做较之图 2-1 所示梯形图优点在哪里？而 X001 的常闭按钮在当 X1 所连的开关闭合时，X1 动作，常闭按钮断开，从而切断了“电路”，Y0 线圈失电，Y0 常开触点也随之断开。

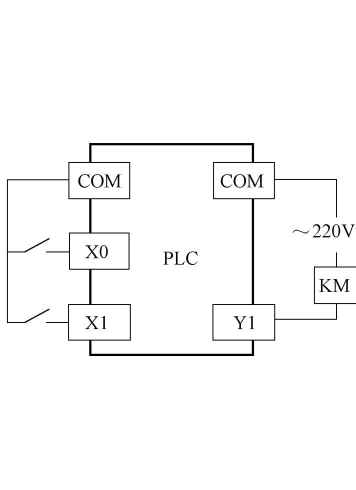


图 2-3 PLC 输入/输出设备连接图

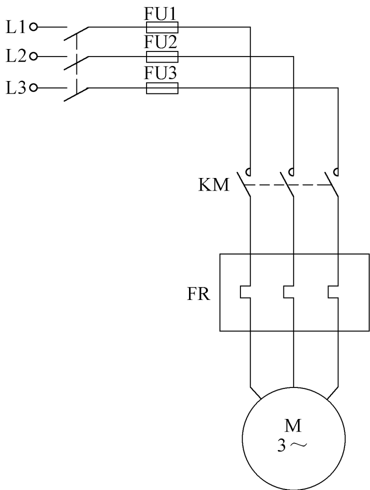


图 2-4 电动机主电路连接图

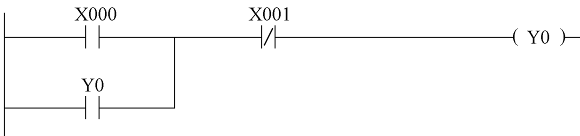


图 2-5 起动/停止控制梯形图

这里，初学者很常见的一个疑问就是在 PLC 的连线上，断开按钮为什么是使用按钮的常开触点，而不是常闭触点？这是因为在 PLC 控制系统中，用梯形图代替了低压电器控制系统中的控制电路，所以在梯形图中出现了软继电器 X1 的常闭触点。而 PLC 的外部连线图不过是建立一个外部实际输入/输出设备和软继电器之间的一一对应关系。

2.1.6 电动机正反转编程（互锁环节）

【实例 2】 在用 PLC 来控制异步电动机时，常常会用两个输出继电器分别控制一个电动机的正转和反转接触器，即分别完成正转和反转。电动机的正转和反转接触器严格要求不能同时得电，因此需要在梯形图中实现两个输出继电器的“互锁”。

这里输入/输出元件较多，需要建立一个正反转控制 I/O（输入/输出）分配表，见表2-1。

表 2-1 正反转控制 I/O 分配表

输　入		输　出	
正转按钮	X0	电动机正转接触器	Y0
反转按钮	X1	电动机正转接触器	Y1
停止按钮	X2		

正反转控制梯形图如图 2-6 所示。

从图 2-6 可以看出，当按下正转按钮后，电动机正转，如要反转，需要先按下停止按

钮，再按下反转按钮，电动机才能反转。如果在电动机正转过程中出现误动作，直接按下了反转按钮，由于 Y0 的常闭触点串在 Y1 的线路上，就使得 Y1 不能得电，这就保护了电动机不因误动作而损坏。自锁是用自身的常开触点实现，而互锁是用对方的常闭触点实现。

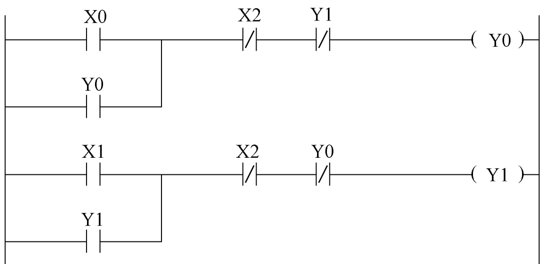


图 2-6　正反转控制梯形图

注意，对于电动机正反转等同时得电会造成事故的环节，严格要求互锁，不仅在程序中要求互锁，在外部连线上也必须互锁。也就是两个接触器的线路里还必须硬件互锁。

在这个控制环节里，我们看到，用以完成线路“接通”的功能往往使用常开触点，而且多个常开触点采用并联；用以完成线路“断开”的功能往往使用常闭触点，而且多个常闭触点采用串联。

2.2　辅助继电器和数据寄存器

2.2.1　辅助继电器（M）简介

PLC 内有很多的辅助继电器，其线圈与输出继电器一样，由 PLC 内各软元件的触点驱动。辅助继电器没有向外的任何联系，不能接受外部的信号，也不能驱动外部线圈，只供内部编程使用。辅助继电器的常开/常闭触点使用次数不受限制。

如图 2-7 中的 M0，它起到一个自锁的功能，并将 X0 和 X1 是否按下的状态进行了存储。

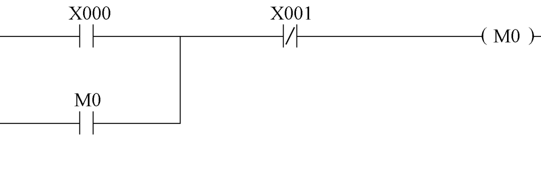


图 2-7　辅助继电器的使用

2.2.2　辅助继电器分类

1. 通用型辅助继电器

通用型辅助继电器按十进制地址编号，M0 ~ M499 共 500 点（在 FX 型 PLC 中除了输入/输出继电器外，其他所有器件都是十进制编号）。

2. 断电保持型辅助继电器 M500 ~ M1023（524 点）

PLC 在运行时若发生停电，输出继电器和通用型辅助继电器全部成为断开状态。上电后，除了 PLC 运行时被外部输入信号接通的以外，其他仍断开。不少控制系统要求保持断电瞬间状态，断电保持型辅助继电器就是用于此场合的，断电保持是由 PLC 内置锂电池支持的。

【实例 3】 如图 2-8 所示，某小车需要进行往复运动，其中右行到限位 X1 后，小车自动掉头，转为左行；当小车到达限位 X0 后，小车又自动掉头，转为右行。当小车在运行中遇到停电时，能自动记忆并在重新上电后按照原来方向运行。

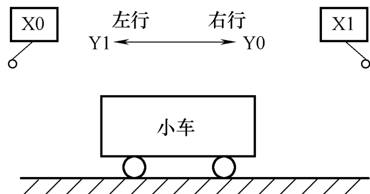


图 2-8　小车运行系统

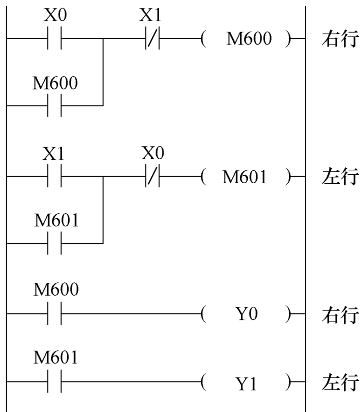


图 2-9　小车运行的编程

小车运行的编程如图 2-9 所示。在小车的正反向（即左右行）运动中，用 M600、M601 来控制继电器驱动小车运动。运动的过程是 X0 = ON→M600 = ON→Y0 = ON→小车右行→停电→小车中途停止→上电（M600 = ON→Y0 = ON）再右行→X1 = ON→M600 = OFF、M601 = ON→Y1 = ON（左行）。

可见，由于 M600 和 M601 具有断电保持，所以在小车中途停电停止后，一旦电源恢复，M600 或 M601 仍记忆原来的状态，将由它们控制响应输出继电器，小车继续原方向运行。若不用断电保护型辅助继电器，则当小车中途断电后，再次得电小车也不能运动。

3. 特殊辅助继电器

PLC 内有 256 个特殊辅助继电器，这些特殊辅助继电器各自具有特定的功能。通常分为两大类。

第一类线圈由 PLC 自动驱动，用户只可以利用其接点（见图 2-10）。例如：

M8000 为运行监控用，PLC 运行时 M8000 接通。

M8002 为仅在运行开始接通一个扫描周期的初始脉冲特殊辅助继电器。

M8012 为产生 100ms 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

第二类用户激励线圈后，PLC 做特定动作。例如：

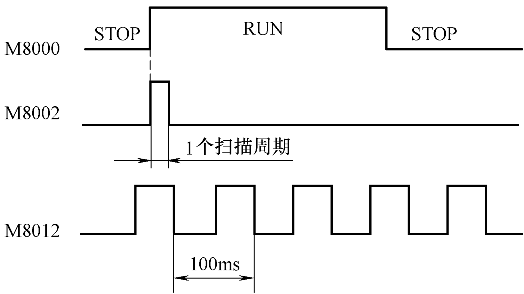


图 2-10　特殊辅助继电器

M8030 为锂电池电压指示灯特殊辅助继电器，当锂电池电压跌落时，M8030 动作，指示灯亮，提醒维修人员赶快调换锂电池。

M8033 为 PLC 停止时输出保持辅助继电器。

M8034 为禁止全部输出特殊辅助继电器。

2.2.3　辅助继电器完成互锁环节

在实际应用中，我们会碰到要求互锁的环节，前面讲到的电动机的正反转就是一种互锁环节。如果我们要对输入进行互锁，可以采用辅助继电器来实现。

【实例 4】　要求按钮开关 SB1 按下，灯 L1 亮；按钮开关 SB2 按下，灯 L2 亮，只有最先按下的有效；当按钮开关 SB3 按下，灯灭。

建立互锁环节 I/O 分配表见表 2-2，互锁环节梯形图如图 2-11 所示。

表 2-2　互锁环节 I/O 分配表

输入		输出	
SB1	X0	灯 L1	Y0
SB2	X1	灯 L2	Y1
SB3	X2		

在上面的梯形图中使用 M0 存储 X0 或 X1 任一按钮按下过的状态，然后再使用 M0 的常闭触点来阻断后按下的按钮在电路中的作用。

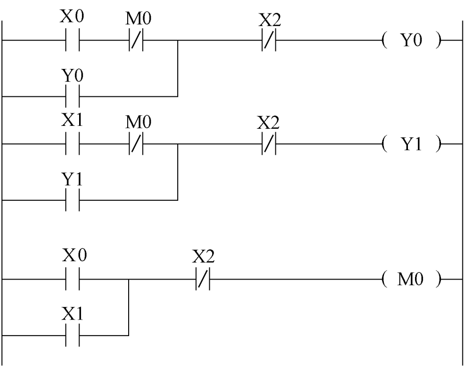


图 2-11　互锁环节梯形图

2.2.4　数据寄存器（D）

PLC 中的寄存器用于存储模拟量控制、位置量控制、数据 I/O 所需的数据及工作参数。每一个数据寄存器都是 16 位（最高位为符号位），可以用两个数据寄存器合并起来存放 32 位数据（最高位为符号位）。

1. 用数据寄存器 D0 ~ D199（200 点）

只要不写入其他数据，则已写入的数据不会变化。但是 PLC 状态由运行（RUN）→停止（STOP）时全部数据均清零。

若特殊辅助继电器 M8033 置 1，在 PLC 由 RUN 转为 STOP 时，数据可以保持。

2. 停电保持数据寄存器 D200 ~ D511（312 点）

除非改写，否则原有数据不会丢失。电源接通与否，PLC 运行与否，其内容也不会变化。在两台 PLC 做点对点通信时，D490 ~ D509 被用作通信操作。

3. 特殊数据寄存器 D8000 ~ D8255（256 点）

这些数据寄存器供监控 PLC 中各种元件运行方式之用，其内容在电源接通（ON）时，写入初始化值（全部先清零，然后由系统 ROM 安排写入初始值）。

4. 文件寄存器 D1000 ~ D2999（2000 点）

用于存储大量的数据，例如采集数据、统计计算数据、多组控制参数等。其数量由 CPU 的监控软件决定，但可以通过扩充存储卡的方法加以扩充。它占用用户程序存储器内的一个存储区，以 500 点为一个单位，最多可在参数设置时设置 2000 点，用编程器可进行写入操作。

2.3 定时器

2.3.1 定时器的定时脉冲与分类

在 PLC 内的定时器是根据时钟脉冲的累积形式，当所计时间达到设定值时，其输出触点动作，时钟脉冲有 1ms、10ms、100ms。定时器可以用用户程序存储器内的常数 K 作为设定值，范围是 K1 ~ K32767；也可以用数据寄存器（D）的内容作为设定值，在这一种情况下，一般使用有掉电保护功能的数据寄存器。

定时器范围如下：

100 ms 定时器 T0 ~ T199，共 200 点，设定值：0.1 ~ 3276.7s；

10 ms 定时器 T200 ~ TT245，共 46 点，设定值：0.01 ~ 327.67s；

1 ms 积算定时器 T246 ~ T249，共 4 点，设定值：0.001 ~ 32.767s；

100 ms 积算定时器 T250 ~ T255，共 6 点，设定值：0.1 ~ 3276.7s。

2.3.2 定时器的定时时间设定与复位

图 2-12 所示梯形图是定时器基本使用例子。

当定时器线圈 T0 的驱动输入 X000 接通时，T0 的当前值计数器对 0.1s 的时钟脉冲进行累积计数，当前值与设定值 K100 相等时，定时器的输出接点动作。即定时器输出触点是在驱动线圈后的 10s（100 * 0.1s = 10s）时才动作，当 T0 触点吸合后，Y000 就有输出。当驱动输入 X000 断开或发生停电时，定时器就复位，输出触点也复位。定时器只有复位后才能再次进行定时。

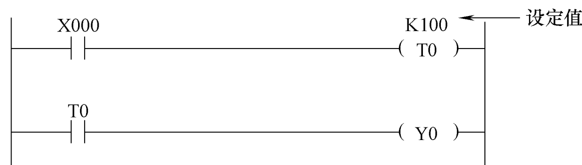


图 2-12 定时器基本使用例子

每个定时器只有一个输入，线圈通电时，开始计时；断电时，自动复位。定时器有两个数据寄存器，一个为设定值寄存器，另一个是当前值寄存器，编程时，由用户设定累积值。使用子元件 T 时，其数据是当前值寄存器中的内容。

如果是积算定时器，它的工作方式就不同了，我们所编写的梯形图也不同（见图 2-13）。

定时器线圈 T245 的驱动输入 X001 接通时，T245 的当前值计数器对 0.01s 的时钟脉冲进行累积计数，当该值与设定值 515 相等时，定时器的输出触点动作。在计数过程中，即使输入 X001 在断开时，其当前值保存在寄存器中。在复电时，计数继续进行，即积算计时器可以在多次断续的情况下累积计时。其累积时间（线圈得电的时间的总和）为 5.15s（0.01s * 515 = 5.15s）时，触点动作。当复位输入 X002 接通 ，定时器

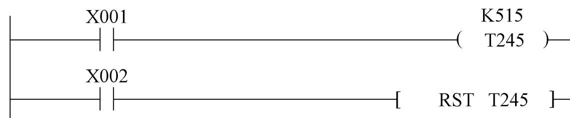


图 2-13 积算定时器基本使用例子

就复位，输出触点也复位。

2.3.3 电动机延时停止编程

【实例 5】 在某些场合下要求电动机工作一段时间后自动停止运转，我们可以使用定时器来完成该控制要求。

通过图 2-14 所示的控制梯形图可以实现当按钮开关按下后，电动机立即起动，1min 过后，电动机自动停机（注：按钮开关连接 X10，电动机接触器连接 Y0）。

该梯形图也可简化为图 2-15 所示，其功能是完全一样的，请自行分析。

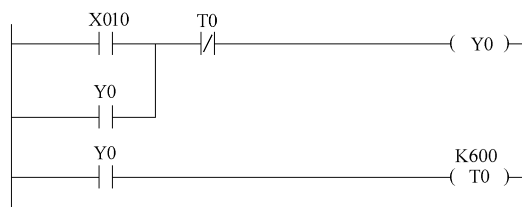


图 2-14 定时器—延时停止环节 1

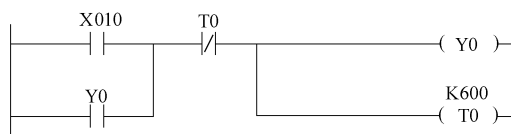


图 2-15 定时器—延时停止环节 2

2.3.4 电动机延时起动编程

【实例 6】 要求在延时起动按钮开关按下后延时 10s 电动机再起动，按下停止按钮电动机停止，可以使用定时器来完成该控制要求（注：按钮开关连接 X10，停止按钮开关连接 X11，电动机接触器连接 Y0）。

定时器—延时起动环节的梯形图如图 2-16 所示，它的形状有点像刚才我们学过的延时停止的梯形图。区别在于延时停止是先驱动 Y0 的线圈，再驱动定时器 T0，而延时起动是先驱动定时器 T0，再驱动 Y0 的线圈。

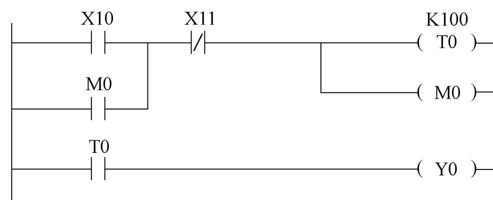


图 2-16 定时器—延时起动环节梯形图

图 2-16 中先驱动线圈 Y0，线圈 Y0 可以自己形成自锁，而这个梯形图中是先驱动定时器 T0，T0 不能形成自锁，因此请了一位朋友来帮忙，就是我们上一讲出现过的辅助继电器 M0。M0 的线圈和 T0 的线圈并联，即和 T0 同时得电，M0 的触点用来自锁，使得定时器在定时期间一直得电。当定时时间到，定时器动作，定时器的常开触点闭合，线圈 Y0 得电动作。当要停止电动机时，按下停止按钮 X11，X11 的常闭触点断开，定时器和辅助继电器线圈失电，定时器 T0 的常开触点断开，继而线圈 Y0 也失电。

2.3.5 分时启动环节

【实例 7】 在一台机械设备上的两台电动机常常要求分时起动，我们可以使用定时器来完成电动机延时起动的控制要求。如要求按下起动按钮后 1#电动机立即起动，而 2#电动机在 10s 后起动，当按下停止按钮后，两电动机同时停止（注：起动按钮连接 X0，停止按钮接 X1，1#电动机接触器连接 Y0，2#电动机接触器连接 Y1）。定时器—分时起动环节如图

2-17所示。

2.3.6 定时循环环节

在一些时间控制的场合需要定时循环，最常见的例子就是交通灯的控制。我们首先从简单的彩灯控制来学习定时循环环节。

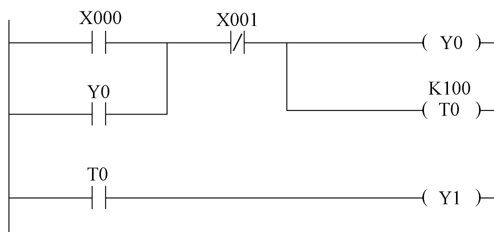


图 2-17 定时器—分时起动环节

【实例 8】 要求两盏彩灯，当按下开始按钮时，一盏就亮，10s 后灭，并且第二盏灯亮；再过 10s 后，第二盏灯灭，第一盏灯又亮，以此循环，当按下停止按钮时，停止（开始按钮连接 X0，第一盏灯连接 Y0，第二盏灯连接 Y1）。定时器—定时循环环节如图 2-18所示。

在这个例子里，对灯的控制要求有点像前面的分时起动环节，不同的是当第二盏灯亮时需将第一盏灯熄灭。因此，在第一盏灯的线路里，T0 的常闭触点起到定时熄灭第一盏灯的作用。这样也导致了第二盏灯需要自锁环节，这点要注意。循环环节的完成只需在 X000 常开触点下再并联一个 T1 的常开触点，这两触点的位置相当，功能都是点亮第一盏灯。

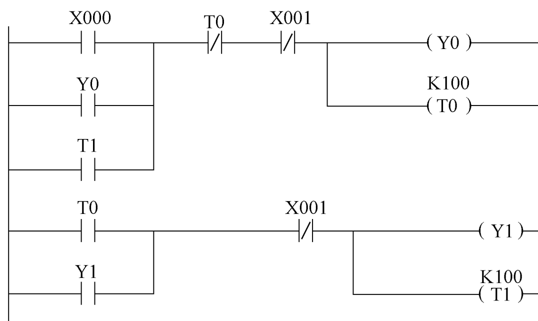


图 2-18 定时器—定时循环环节

这里有一个 T0 的触点动作先后的问题，我们看第一行有一个 T0 的常闭触点，下面又有一个 T0 的常开触点，那这两个触点哪一个先动作哪一个后动作呢？还是同时动作？如果是常闭触点先动作，常闭触点一断开，就导致 T0 线圈失电，T0 复位，则下面的 T0 常开触点还是断开，第二盏灯就不能点亮。

这就是由第 1 讲里讲过的 PLC 的循环扫描的工作方式决定的。由于第一行的 T0 的常闭触点在 T0 线圈之前，因此当 T0 线圈定时时间到时，下面的 T0 常开触点是先动作的，如果下面还有其他 T0 触点，按照从上到下的顺序依次动作。结束这次程序的扫描后，程序又重头开始扫描，这时 T0 线圈前面的触点才开始动作。因此，在这个程序里，T0 的常开触点先动作，而 T0 的常闭触点在下一个周期才动作，这时它断开，切断了第一盏灯，同时使 T0 线圈失电，复位，为下一次使用 T0 做好准备。

如果要求三盏灯、四盏灯以及更多盏彩灯循环点亮，该如何编程呢？

另外，要注意的是，这里我们的主令电器采用的是按钮开关，如果我们采用的是拨键开关，则用一个开关就可以完成开和关的控制，而且梯形图也会改变，所以在编程时，我们要区分开关是什么类型。

2.3.7 长时间延时环节

【实例 9】 用单个定时器可以进行最长时间的延时是多少？选用时钟脉冲最长的定时器

进行最大的设定值设定，即 100ms 定时器，设定值为 K32767，则定时时间是 3276.7s。那么需要进行超过 3277s 的定时该怎样编程呢？

可以采用一个定时器完成定时后，另一个定时器继续定时的“接力”方法。如需要进行 1h 的定时可以采用下面的梯形图。定时器—长时间延时环节如图 2-19 所示。

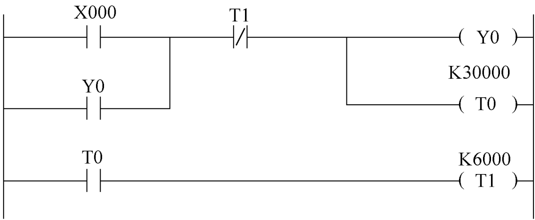


图 2-19　定时器—长时间延时环节

这个梯形图的功能是当 X0 闭合后，Y0 得电，1h 后，Y0 自动断开。如果要求定时的时间加长到 2h 或 3h 或更长该如何编程呢？

2.3.8　闪动环节

如果控制要求负载间歇工作，比如要求灯进行闪烁，即一亮一灭，怎样来完成呢？这样的要求一般使用两个定时器配合工作，一个做亮的定时，一个做灭的定时。我们看下面的程序（见图 2-20）。

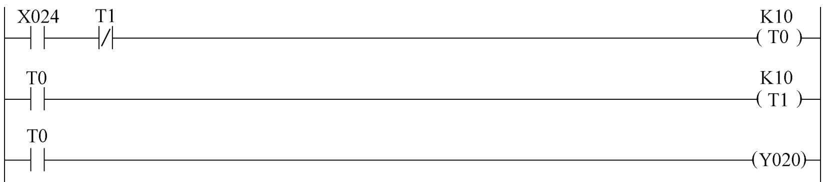


图 2-20　定时器—闪动环节

这个程序的功能是当连于 X24 的拨键开关打到闭合的位置（ON）时，连于 Y20 的灯就开始闪烁，频率是 1Hz。这是如何实现的呢？我们可以通过时序图（见图 2-21）分析。

从时序图可以看出，T0 定时器的功能是作断开的时间计时，T1 的功能是作接通的时间计时。当 T0 定时时间到，T0 线圈动作，使得 Y20 得电，这时也接通 T1 的线圈，使 T1 开始定时，当 T1 定时时间到，T1 线圈动作，T1 的常闭触点使得 T0 线圈断开，引起 T0 常开触点断开，从而 T1 自己的线圈也断开，当然 Y20 线圈也断开。这里面其实 T1 只接通了一个周期，所以在时序图上看仅为一个脉冲。

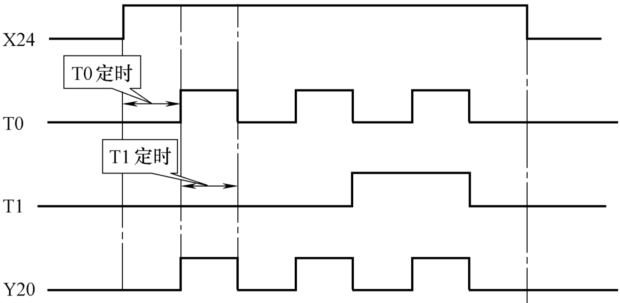


图 2-21　闪动环节时序图

2.4 计数器

2.4.1 内部计数器

内部计数器是在执行扫描操作时对内部信号（如 X、Y、M、S、T 等）进行计数。内部输入信号的接通和断开时间应比 PLC 的扫描周期稍长。

1. 16 位增计数器（C0 ~ C199）

共 200 点，其中 C0 ~ C99 为通用型，C100 ~ C199 共 100 点为断电保持型（断电保持型即断电后能保持当前值待通电后继续计数）。这类计数器为递加计数，应用前先对其设置一设定值，当输入信号（上升沿）个数累加到设定值时，计数器动作，其常开触点闭合，常闭触点断开。计数器的设定值为 1 ~ 32767（16 位二进制），设定值除了用常数 K 设定外，还可间接通过指定数据寄存器设定。

这里举例说明通用型 16 位增计数器的工作原理。如图 2-22 所示，X10 为复位信号，当 X10 为 ON 时 C0 复位。X11 是计数输入，每当 X11 接通一次计数器当前值增加 1（注意 X10 断开，计数器不会复位）。当计数器计数当前值为设定值 10 时，计数器 C0 的输出触点动作，Y0 被接通。此后即使输入 X11 再接通，计数器的当前值也保持不变。当复位输入 X10 接通时，执行 RST 复位指令，计数器复位，输出触点也复位，Y0 被断开。

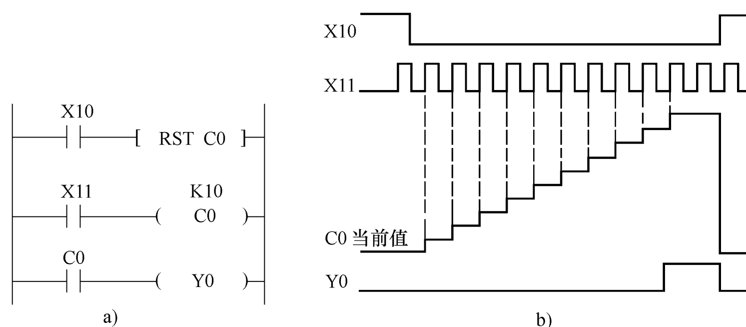


图 2-22 通用型 16 位增计数器

2. 32 位增/减计数器（C200 ~ C234）

共有 35 点 32 位加/减计数器，其中 C200 ~ C219（共 20 点）为通用型，C220 ~ C234（共 15 点）为断电保持型。这类计数器与 16 位增计数器除位数不同外，它还能通过控制实现加/减双向计数。设定值范围均为 -214783648 ~ +214783647（32 位）。

C200 ~ C234 是增计数还是减计数，分别由特殊辅助继电器 M8200 ~ M8234 设定。对应的特殊辅助继电器被置为 ON 时为减计数，置为 OFF 时为增计数。

计数器的设定值与 16 位计数器一样，可直接用常数 K 或间接用数据寄存器 D 的内容作为设定值。在间接设定时，要用编号紧连在一起的两个数据计数器。

如图 2-23 所示，X10 用来控制 M8200，X10 闭合时为减计数方式。X12 为计数输入，C200 的设定值为 5（可正、可负）。设 C200 置为增计数方式（M8200 为 OFF），当 X12 计数

输入累加由 4→5 时，计数器的输出触点动作。当前值大于 5 时计数器仍为 ON 状态。只有当前值由 5→4 时，计数器才变为 OFF。只要当前值小于 4，则输出保持为 OFF 状态。复位输入 X11 接通时，计数器的当前值为 0，输出触点也随之复位。

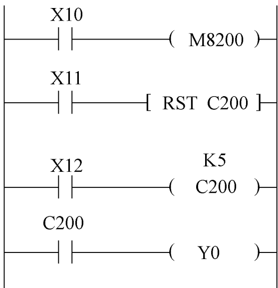


图 2-23　32 位增/减计数器

2.4.2　高速计数器（C235 ~ C255）

高速计数器与内部计数器相比除允许输入频率高之外，应用也更为灵活，高速计数器均有断电保持功能，通过参数设定也可变成非断电保持。FX2N 有 C235 ~ C255 共 21 点高速计数器，适合用来作为高速计数器输入的 PLC 输入端口有 X0 ~ X7。X0 ~ X7 不能重复使用，即某一个输入端已被某个高速计数器占用，它就不能再用于其他高速计数器，也不能用作他用。

各高速计数器对应的输入端见表 2-3。表 2-3 中：U 表示加计数输入，D 为减计数输入，B 表示 B 相输入，A 为 A 相输入，R 为复位输入，S 为启动输入。X6、X7 只能用作启动信号，而不能用作计数信号。

表 2-3　高速计数器对应的输入端

输入计数器		X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
单相单计数输入	C235	U/D							
	C236		U/D						
	C237			U/D					
	C238				U/D				
	C239					U/D			
	C240						U/D		
	C241	U/D	R						
	C242			U/D	R				
	C243				U/D	R			
	C244	U/D	R					S	
	C245			U/D	R				S
单相双计数输入	C246	U	D						
	C247	U	D	R					
	C248				U	D	R		
	C249	U	D	R				S	
	C250				U	D	R		S
双相	C251	A	B						
	C252	A	B	R					
	C253				A	B	R		
	C254	A	B	R				S	
	C255				A	B	R		S

高速计数器可分为四类：

（1）单相单计数输入高速计数器（C235 ~ C245）

其触点动作与 32 位增/减计数器相同，可进行增或减计数（取决于 M8235 ~ M8245 的状态）。

如图 2-24a 所示为无启动/复位端单相单计数输入高速计数器的应用。当 X10 断开，M8235 为 OFF，此时 C235 为增计数方式（反之为减计数）。由 X12 选中 C235，从表 2-3 中可知其输入信号来自于 X0，C235 对 X0 信号增计数，当前值达到 1234 时，C235 常开接通，Y0 得电。X11 为复位信号，当 X11 接通时，C235 复位。

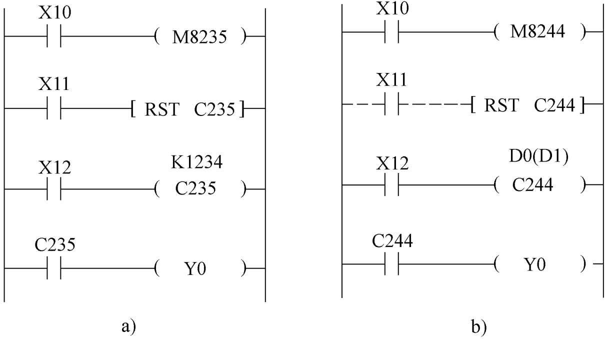


图 2-24 单相单计数输入高速计数器
a）无启动/复位端 b）带启动/复位端

如图 2-24b 所示为带启动/复位端单相单计数输入高速计数器的应用。由表 2-3 可知，X1 和 X6 分别为复位输入端和启动输入端。利用 X10 通过 M8244 可设定其增/减计数方式。当 X12 为接通，且 X6 也接通时，则开始计数，计数的输入信号来自于 X0，C244 的设定值由 D0 和 D1 指定。除了可用 X1 立即复位外，也可用梯形图中的 X11 复位。

（2）单相双计数输入高速计数器（C246 ~ C250）

这类高速计数器具有两个输入端，一个为增计数输入端，另一个为减计数输入端。利用 M8246 ~ M8250 的 ON/OFF 动作可监控 C246 ~ C250 的增记数/减计数动作。

如图 2-25 所示，X10 为复位信号，其有效（ON）则 C248 复位。由表 2-3 可知，也可利用 X5 对其复位。当 X11 接通时，选中 C248，输入来自 X3 和 X4。

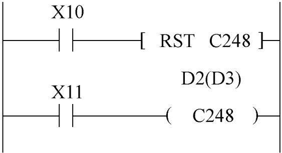


图 2-25 单相双计数输入高速计数器

（3）双相高速计数器（C251 ~ C255）

A 相和 B 相信号决定计数器是增计数还是减计数。当 A 相为 ON 时，B 相由 OFF 到 ON，则为增计数；当 A 相为 ON 时，若 B 相由 ON 到 OFF，则为减计数，波形图如图 2-26a 所示。

程序如图 2-26b 所示，当 X12 接通时，C251 计数开始。由表 2-3 可知，其输入来自 X0（A 相）和 X1（B 相）。只有当计数使当前值超过设定值，则 Y2 为 ON。如果 X11 接通，则计数器复位。根据不同的计数方向，Y3 为 ON（增计数）或为 OFF（减计数），即用M8251 ~ M8255，可监视 C251 ~ C255 的加/减计

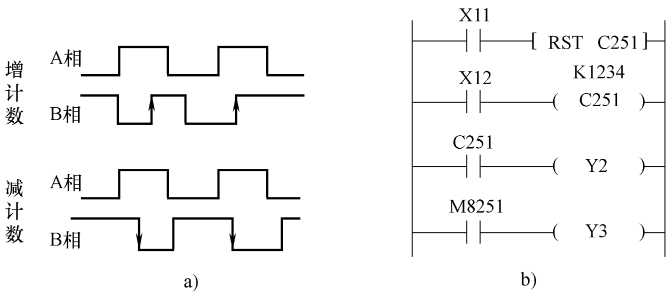


图 2-26　双相高速计数器
a）波形图　b）程序

数状态。

需要注意的是，高速计数器的计数频率较高，它们的输入信号的频率受两方面的限制：一是全部高速计数器的处理时间，因它们采用中断方式，所以计数器用得越少，则可计数频率就越高；二是输入端的响应速度，其中 X0、X2、X3 最高频率为 10kHz，X1、X4、X5 最高频率为 7kHz。

2.4.3　计数器编程案例

【实例 10】　一个由定时器 T0 和计数器 C0 组成的组合电路。T0 形成一个设定值为 1s 的自复位定时器，当 X10 接通，T0 线圈得电，经延时 1s，T0 的常闭触点断开，T0 定时器断开复位，待下一次扫描时，T0 的常闭触点才闭合，T0 线圈又重新得电。即 T0 触点每接通一次，每次接通时间为一个扫描周期。计数器对这个脉冲信号进行计数，计数到 10 次，C0 常开触点闭合，使 Y0 线圈接通。从 X10 接通到 Y0 有输出，延时时间为定时器和计数器设定值的乘积：$T_{总} = T0 \times C0 = 1 \times 10 = 10s$。

梯形图参考程序如图 2-27 所示。



图 2-27　梯形图参考程序

【实例 11】　计数器的扩展实验。由于 PLC 的计数器都有一定的定时范围。如果需要的设定值超过机器范围，我们可以通过几个计数器的串联组合来扩充设定值的范围。

此实验中，总的计数值 $C_{总} = C0 \times C1 = 20 \times 3 \times 1 = 60s$

梯形图参考程序如图 2-28 所示。



图 2-28 梯形图参考程序

2.5 简单应用指令

2.5.1 应用指令的基本格式

在基本逻辑指令的基础上，PLC 制造厂家开发了一系列完成不同功能的子程序，调用这些子程序的指令称为应用指令。FX 系列 PLC 的应用指令可分为程序控制、传送与比较、算术与逻辑运算、移位与循环等。

应用指令一般由 3 部分组成，即功能编号 FNC、助记符和操作数。在现在的编程软件中则更简单地变为如下的梯形图形式：

梯形图输入同一个应用指令：

应用指令的含义如图 2-29 所示。

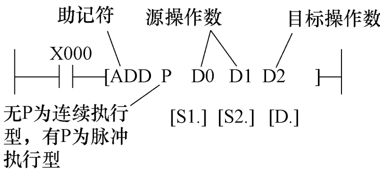


图 2-29 应用指令的含义

2.5.2 应用指令的规则

应用指令操作数（软元件）的含义见表 2-4。其中，处理断开和闭合状态的元件为位软

元件，如 X 输入继电器等；处理数据的元件称字软元件，如 T 定时器的当前值。

表 2-4　应用指令操作数的含义

字 软 元 件	位 软 元 件	字 软 元 件	位 软 元 件
K：十进制整数	X：输入继电器	T：定时器 T 的当前值	
H：十六进制整数	Y：输出继电器	C：计数器 C 的当前值	
KnX：输入继电器 X 的位指定	M：辅助继电器	D：数据寄存器	
KnY：输出继电器 Y 的位指定	S：状态继电器	V、Z：变址寄存器	
KnS：状态继电器 S 的位指定			

从表 2-4 可以看出，由位软元件组合起来也可以构成字软元件，进行数据处理；每 4 个位软元件为一组，组合成一个单元，位软元件的组合由 Kn（n 在 1～7 之间）加首元件来表示。如 KnY、KnX 等，K1Y0 表示由 Y0、Y1、Y2 、Y3 组成的 4 位字软元件；K4M0 表示由 M0～M15 组成的十六位字软元件。

变址寄存器都是十六位数据寄存器。表示时如果 V＝5，Z＝10，则 D5V＝D10（5＋5＝10），D5Z＝D15（5＋10＝15）。32 位指令中 V、Z 是自动组对使用，V 作为高 16 位，Z 作为低 16 位，使用时只需编写 Z。

一般情况下，指令执行形式有连续执行和脉冲执行两种，其中脉冲执行为连续执行的指令的助记符后加“P”即可。从类别上应用指令分为程序流程控制、传送与比较、数据处理等。

2.5.3　传送、比较和转换指令

1. MOV 指令

MOV 指令是最常见的数据指令，意思指数据传送到指定的目标操作元件，其指令含义见表 2-5。

表 2-5　MOV 指令含义

助记符	功能	操作软元件		D 连续执行	P 脉冲执行
		S	D		
MOV	将源操作元件的数据传送到指定的目标操作元件	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	+	+

程序举例如图 2-30 所示。

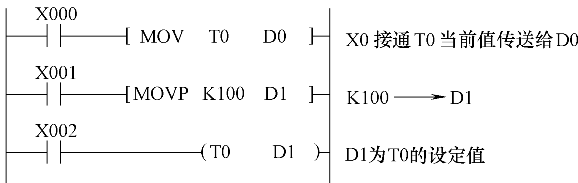


图 2-30　MOV 指令程序举例

2. 比较指令 CMP 和区间比较指令 ZCP

比较指令 CMP 和区间比较指令 ZCP 的含义见表 2-6。

表 2-6 CMP 和 ZCP 指令的含义

助记符	功 能	操作软元件			
		S1.	S2.	S.	D.
CMP	将源操作软元件 S1 与 S2 的内容比较	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z			X、Y、M、S、T、C、D、V、Z
ZCP	S 与 S1、S2 区间比较				

CMP 指令的程序举例如图 2-31 所示。



图 2-31 CMP 指令的程序举例

3. 转换指令 BCD、二进制转换指令 BIN

转换指令 BCD 和二进制转换指令 BIN 的含义见表 2-7。

表 2-7 BCD 和 BIN 指令的含义

助记符	功 能	操作软元件		D	P
		S	D		
BCD	将源操作软元件的二进制数据转换成 BCD 码传送到指定的目标操作元件中	KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	+	+
BIN	将源操作元件的 BCD 码转换成二进制数据传送到指定的目标操作元件中	KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	+	+

BCD 指令的程序举例如图 2-32 所示。

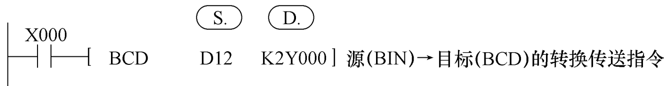


图 2-32 BCD 指令的程序举例

该指令的接线形式如图 2-33 所示。四则运算（+、−、×、÷）与增量指令、减量指令等编程控制器内的运算都用 BIN 码进行。因此 PLC 获取 BCD 的数字开关信息时要使用

FNC19（BCD-BIN）转换传送指令。另外，向 BCD 的七段显示器输出时请使用 FNC18（BIN-BCD）转换传送指令。

使用 BCD、BCD（P）指令时，如 BCD 转换结果超出 0 ~ 9999 范围会出错。同样，当使用（D）BCD 、（D）BCDP 指令时，如 BCD 转换结果超出 0 ~ 99999999 范围会出错 。

BIN 指令的程序举例如图 2-34 所示。

在 BIN 指令使用时，当源数据不是 BCD 码时，会发生 M8067（运算错误）、M8068（运算错误锁存）不工作。同时因为常数 K 自动地转换成二进制数，所以不成为这个指令适用的软元件。

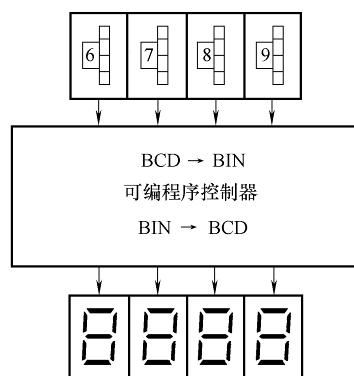


图 2-33　BCD 指令的接线形式

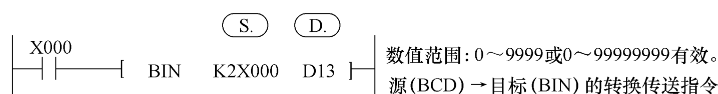


图 2-34　BIN 指令的程序举例

2.5.4　程序流程控制指令

程序流程控制指令见表 2-8，具体包括 CJ、CALL、SRET、FEND、WDT、FOR、NEXT。

表 2-8　程序流程控制指令

功能助记符	指令名称及功能
CJ	条件跳转,程序跳到 P 指针指定处,P63 为 END
CALL	子程序调用,指定 P 指针,可嵌套 5 层以下
SRET	子程序返回,从子程序返回,与 CALL 配对
FEND	主程序结束
WDT	定时器刷新
FOR	重复循环开始,可嵌套 5 层
NEXT	重复循环结束

1. 条件跳转指令 CJ

CJ 指令的格式如图 2-35 所示，其中标记共有 P0 ~ P63 即 64 个。

CJ 指令程序举例如图 2-36 所示。

作为执行序列的一部分指令，有 CJ、CJP 指令，可以缩短运算周期及使用双线圈。在图 2-36 的示例中，如果 X0 “ON”，则从 1 步跳转到标记 P8 的后一步。X000 = OFF 时，不进行跳转，从 0 步向 4 步移动，不执行跳转指令。Y001 变成双线圈，但是 X000 = OFF 时采用 X001。X000 = ON 时采用 X012 动作。因条件跳转，即使是分段的程序，在跳转内或跳转外将同一线圈编成两个以上程序时，也当做一般

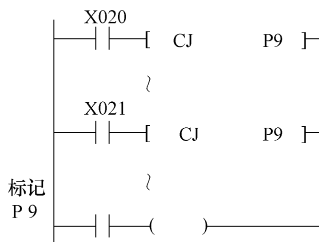


图 2-35　CJ 指令的格式

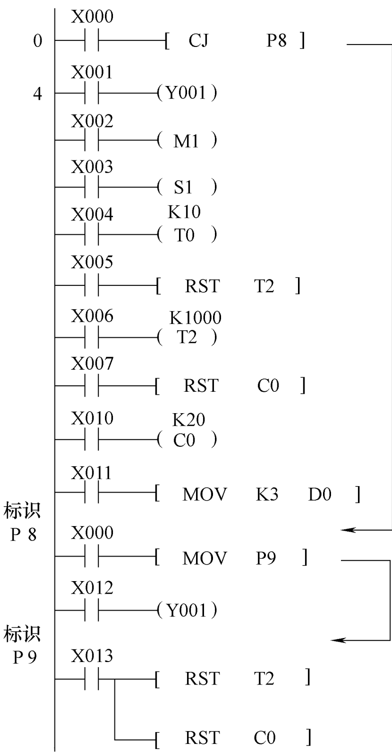


图 2-36 CJ 指令程序举例

的双线圈对待。累计定时器及计数器的复位指令在跳转外时，计时线圈及跳转的计数线圈复位（接点恢复及当前值的清除）有效。CJ 指令举例中的接点变化和接点动作情况见表 2-9。

表 2-9 CJ 指令举例中的接点变化和接点动作情况

跳转过程中发生变化会产生这样的结果!

类型	跳转前的接点状态	跳转中的接点动作	跳转中的线圈动作
Y,M,S	X001,X002, X003 OFF	X001,X002, X003 ON	Y001,M1,S1 OFF
	X001,X002, X003 ON	X001,X002, X003 OFF	Y001,M1,S1 ON
10ms,100ms 定时器	X004 OFF	X004 ON	定时器不动作
	X004 ON	X004 OFF	时钟中断,X000“OFF”后继续
1ms 定时器	X005 OFF X006 OFF	X006 ON	定时器不动作时钟继续运行
	X005 OFF X006 ON	X006 OFF	X000“OFF”后触点动作

（续）

类型	跳转前的接点状态	跳转中的接点动作	跳转中的线圈动作
计数器	X007 OFF X010 OFF	X010 ON	计数不工作
	X007 OFF X010 ON	X010 OFF	计数中断，X000"OFF"后继续
应用指令	X011 OFF	X011 ON	跳转过程中不执行 FNC 指令。但是，FNC52 ~ 58 继续工作
	X011 ON	X011 OFF	

CJ 指令说明如下：

1）如举例程序中 X0 = ON 时跳转到程序 P8 称为有条件转移，而如下程序则为无条件跳转（见图 2-37）。

2）一个标号只能出现一次，多于一次则会出错；两条或多条跳转指令可以使用同一标号。

3）如图 2-37 所示，编程时标号占一行，对有意为向 END 步跳转的指针 P63 编程时，请不要对标记 P63 编程，给标记 P63 编程时，PLC 显示出错码 6507（标记定义不正确）并停止。

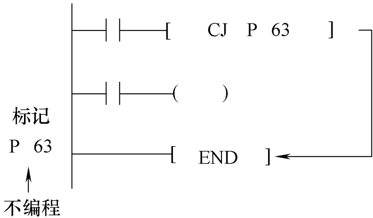


图 2-37　无条件跳转举例

【实例 12】　在工业控制当中经常采用手动和自动两种方式以确保生产控制的安全性和连续性。

图 2-38 所示为程序梯形图，其中 X0 = OFF 时为手动，X0 = ON 时为自动。

2. 子程序调用指令 CALL、子程序返回指令 SRET、主程序结束指令 FEND

子程序相关指令的格式如图 2-39 所示，其中 CALL 具有操作软元件，而 SRET、FEND 无操作软元件。

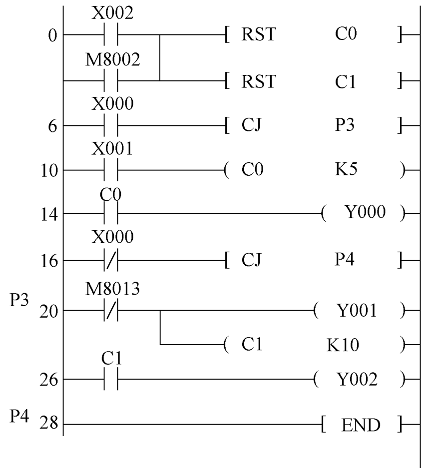


图 2-38　程序梯形图

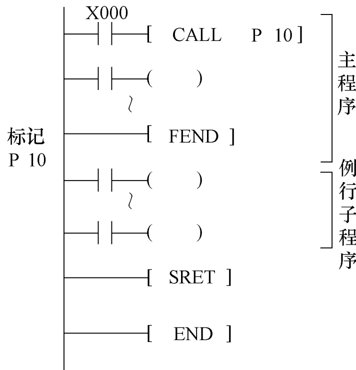


图 2-39　子程序相关指令的格式

从图 2-39 中可以看出，当 X000 = ON，则执行调用指令跳转到标记 P10 步。在这里，执行子程序后，通过执行 SRET 指令返回原来的步即 CALL 指令之后的步。

图 2-40 所示为 CALLP 指令程序格式。当X001 = OFF 到 ON 后，只执行 CALLP　P11 指令 1 次后向标记 P11 跳转，即脉冲形式。在执行 P11 的子程序的过程中，如果执行 P12 的调用指令，则执行 P12 的子程序，用 SRET 指令向 P11 的子程序跳转。

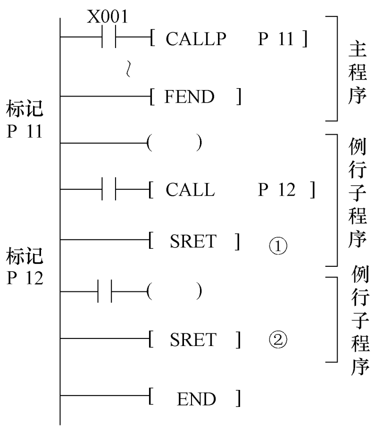


图 2-40　CALLP 指令程序格式

第一个 SRET 返回主程序，第二个 SRET 返回第一个子程序。这样，在子程序内最多可以允许有 4 次调用指令，整体而言可做 5 层嵌套。

应用子程序调用指令，可以优化程序结构，提高编写程序的效果。

【实例 13】 当 X1 为 OFF、X0 为 ON 时，调用 P0 子程序；若 X0 为 OFF 时，调用 P1 子程序；当 X1 为 ON 时，不能调用 P0、P1 子程序，而调用 P2 子程序。

图 2-41 所示为子程序调用实例。

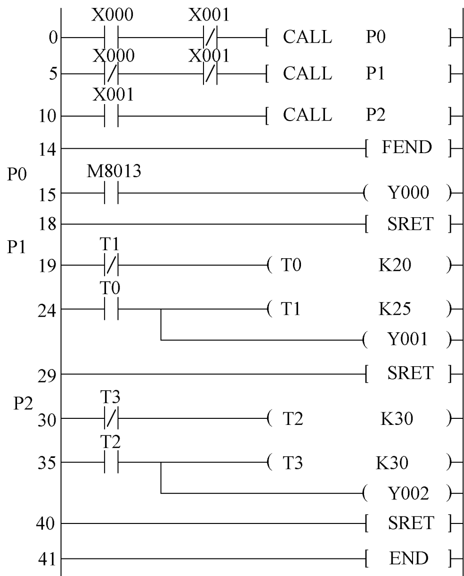


图 2-41　子程序调用实例

3. 监视定时器刷新指令 WDT

WDT 指令是在 PLC 顺序执行程序中，进行监视定时器刷新的指令。WDT（P）为连续/脉冲执行型指令，无操作软元件。图 2-42 所示为 WDT 指令执行示意。

4. 循环指令 FOR、NEXT 指令说明

循环指令是指只在 FOR 到 NEXT 指令之间的处理（利用源数据指定的次数）执行几次

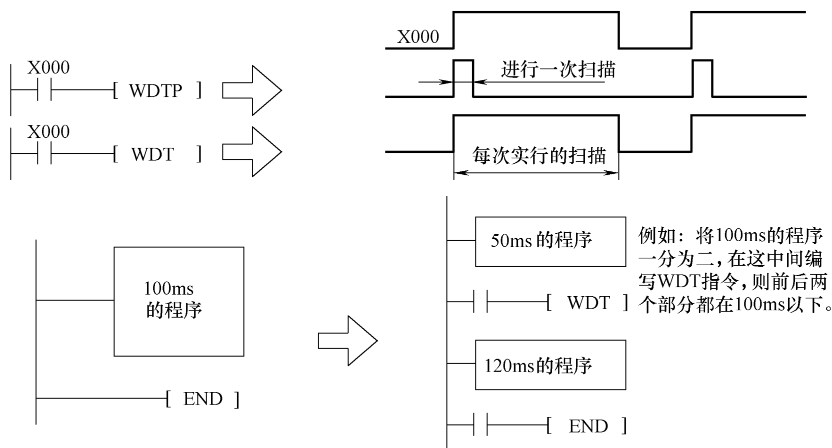


图 2-42　WDT 指令执行示意

后，才处理 NEXT 指令以后的步。n = 1 ~ 32767 时有效，在指定了 −32767 ~ 0 时，被当做 n = 1 处理。如图 2-43 所示的程序中，［C］的程序执行 4 次后向 NEXT 指令③以后的程序转移。

若在［C］的程序执行一次的过程中，数据寄存器 D0Z 的内容为 6，则［B］的程序执行 6 次。因此［B］的程序合计一共被执行了 24 次。若不想执行 FOR ~ NEXT 间的程序，利用 CJ 指令使之跳转。（X10 = ON）当 X10 为 OFF 时，例如，K1X000 的内容为 7，则在［B］的程序执行一次的过程中，［A］被执行了 7 次。总计被执行了 4 × 6 × 7 = 168 次，这样一共可以嵌套 5 层。循环次数多时扫描周期会延长，有可能出现监视定时器错误，请务必注意。

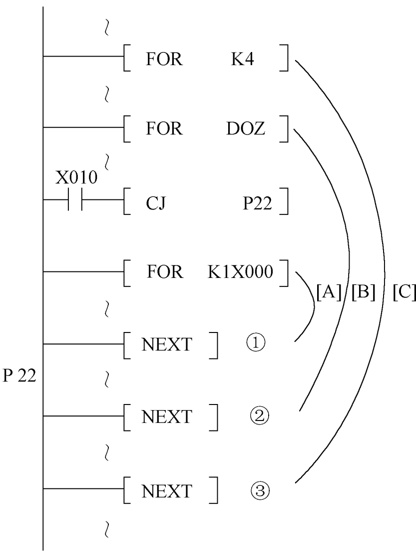


图 2-43　FOR、NEXT 指令程序

NEXT 指令在 FOR 指令之前或 FOR 指令与 NEXT 或无 NEXT 指令，或在 FEND、END 指令以后有 NEXT 指令的个数不一致时等，都会出错。

循环指令 FOR 的操作软元件包括 K、H、KnH、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z；而 NEXT 则无操作软元件。

2.5.5　四则运算指令

四则运算包括加减乘除等指令，见表 2-10。

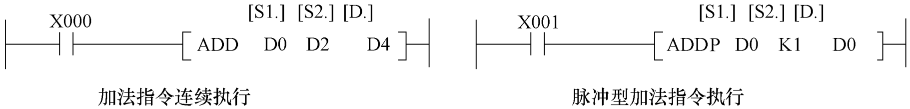
表 2-10　四则运算指令名称及功能

助记符	指令名称及功能	D	P
ADD	二进制加法指令	+	+
SUB	二进制减法指令	+	+
MUL	二进制乘法指令	+	+
DIV	二进制除法指令	+	+
INC	加 1 指令	+	+
DEC	减 1 指令	+	+

1. 加法指令

功能：加法指令是将指定的源操作软元件［S1］、［S2］中二进制数相加，结果送到指定的目标操作软元件［D］中。

格式：



加法指令连续执行　　脉冲型加法指令执行

指令说明：

1）操作软元件：［S］K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z；
［D］KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z。

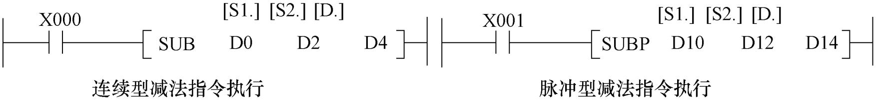
2）当执行条件满足时，［S1］+［S2］的结果存入［D］中，运算为代数运算。

3）加法指令操作时影响 3 个常用标志，即 M8020 零标志、M8021 借位标志、M8022 进位标志。运算结果为零则 M8020 置 1，超过 32767 进位标志 M8022 置 1，小于 -32767 则借位标志 M8021 置 1（以上都为 16 位时）。

2. 减法指令

功能：减法指令是将指定的操作软元件［S1］、［S2］中的二进制数相减，结果送到指定的目标操作软元件［D］中。

格式：



连续型减法指令执行　　脉冲型减法指令执行

指令说明：

1）操作软元件和加法指令一样。

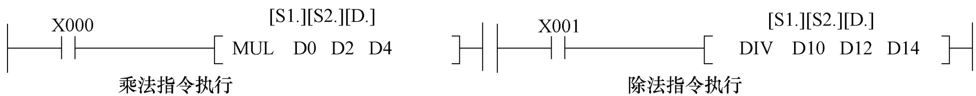
2）当执行条件满足时，［S1］-［S2］的结果存入［D］中，运算为代数运算。

3）各种标志的动作和加法指令一样。

3. 乘法指令

功能：乘法指令是将指定的源操作软元件［S1］、［S2］的二进制数相乘，结果送到指定的目标操作软元件［D］中。

格式：



指令说明：

1）操作软元件同减法指令一样。

2）［S1］*［S2］存入［D］中，即［D0］*［D2］结果存入［D5］［D4］中。

3）最高位为符号位，0 正 1 负。

4. 除法指令

功能：除法指令是将源操作软元件［S1］、［S2］中的二进制数相除，［S1］为被除数，［S2］为除数，商送到指定的目标操作软元件［D］中。

指令说明：

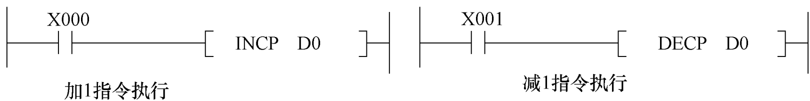
1）格式如上。

2）操作软元件同加法指令。

5. 加 1 指令/减 1 指令

功能：目标操作软元件［D］中的结果加 1/目标操作软元件［D］中的结果减 1。

格式：



指令说明：

1）若用连续指令时，每个扫描周期都执行。

2）脉冲执行型只在脉冲信号时执行一次。

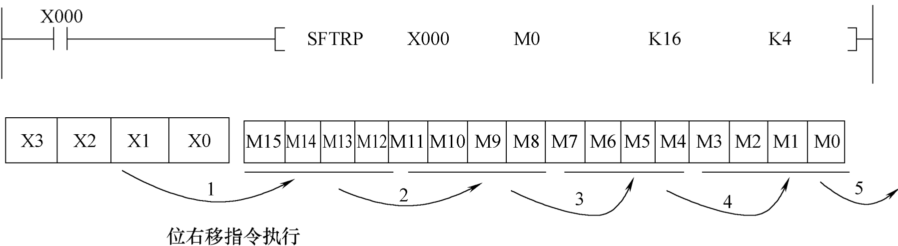
2.5.6　移位指令

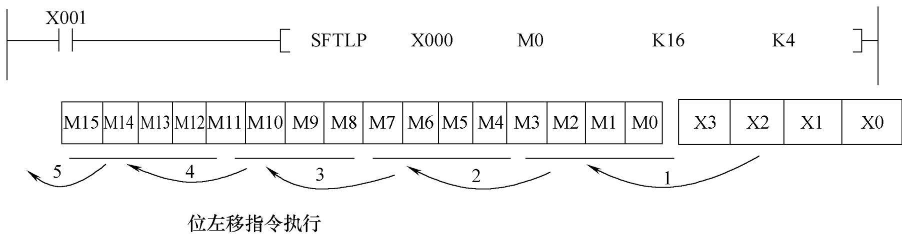
移位指令的名称及功能见表 2-11。其功能解释为：两条指令是使位软元件中的状态向右/向左移位，n1 指定位软元件长度，n2 指定移位的位数。

表 2-11　移位指令的名称及功能

助记符	指令名称及功能	操作软元件			
		［S.］	［D.］	n1	n2
SFTR(p)	位右移	X、Y、M、S	Y、M、S	K、Hn2≤n1≤1024	
SFTL(p)	位左移	X、Y、M、S	Y、M、S	K、Hn2≤n1≤1024	

格式：





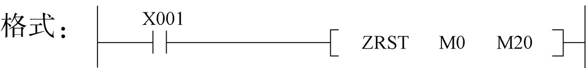
2.5.7 批复位指令 ZRST

批复位指令 ZRST 的含义见表 2-12。

表 2-12 ZRST 的含义

助记符	操作软元件	
	［D1.］	［D2.］
ZRST	Y、M、S、T、C、D(D1≤D2)	

功能：区间批复位。

格式：

2.6 思考与练习

习题 2.1 判断题

（1）梯形图中某一输出继电器的线圈“通电”时，对应的输出映像寄存器为 0 状态。输出模块中对应的硬件继电器的线圈失电，其常开触点闭合，使外部负载通电工作。(　　)

（2）M8011 是 10ms 时钟脉冲。(　　)

（3）M8012 是 1s 时钟脉冲。(　　)

（4）M8013 是 1s 时钟脉冲。(　　)

（5）M8014 是 1min 时钟脉冲。(　　)

（6）M8002（初始化脉冲）仅在 M8000 由 OFF 变为 ON 状态时的一个扫描周期内为 ON。(　　)

（7）T0 ~ T199 是 FX2N 中的分辨率为 10ms 的定时器。(　　)

（8）T200 ~ T245 是 FX2N 中的分辨率为 10ms 的定时器。(　　)

（9）T246 ~ T249 是 FX2N 中的分辨率为 100ms 的累计型定时器。(　　)

（10）C0 ~ C99 是 FX2N 中的 16 位减计数器。(　　)

（11）C100 ~ C199 是 FX2N 中的 16 位加计数器，电池保持。(　　)

（12）K 表示十进制常数，H 表示十六进制常数。(　　)

（13）在梯形图中，某个编号继电器和触点可以无限次使用。如果同一继电器的线圈使用两次，PLC 将其视为语法错误，绝不允许出现。(　　)

（14）在 FX2N 系列中，输入继电器和输出继电器采用十进制。(　　)

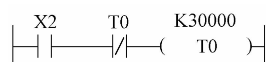
（15）FX2N系列PLC定时器的最长定时时间为3276.7s，如果需要更长的时间，可以使用计数器、多个定时器的组合或定时器与计数器的组合来获得较长的延时时间。(　　)

（16）在PLC控制电路中，停止按钮使用常开触点和常闭触点时，PLC控制程序相同。(　　)

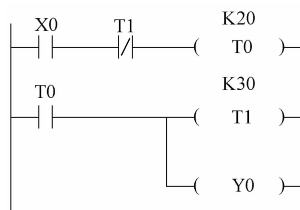
（17）SET：复位指令，使操作保持ON的指令。(　　)

（18）RST：置位指令，使操作保持OFF的指令。(　　)

（19）下面的这行程序是一个脉冲信号发生器，脉冲周期等于T0的设定值3000s。(　　)



（20）下面的这个梯形图是一个闪烁电路，Y0 OFF 3s，ON 2s。(　　)



（21）下面的这个梯形图电路是一个延时接通延时断开电路。(　　)

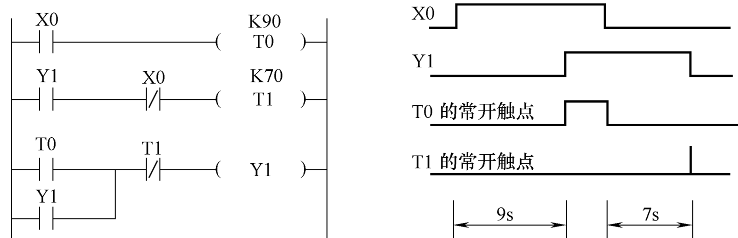


图2-44　题1（21）图

（22）在PLC中，用4位BCD码表示一位十进制数据，将4位“位元件”成组使用，称为位组合元件。(　　)

（23）K4X000是指X017～X010，X007～X000 16位输入继电器的组合。(　　)

（24）变址寄存器（V/Z）通常是用来修改器件的地址编号，由两个16位的数据寄存器V和Z组成，指令MOV D5V D10Z中，如果V＝8和Z＝14，则传送指令操作对象是这样确定的：D5V是指D13寄存器，D10Z是指D24数据寄存器，执行该指令的结果是将数据寄存器D13的内容传送到数据寄存器D24中。(　　)

（25）功能指令按处理数据的长度分为16位指令和32位指令。其中，32位指令在助记符前加“D”，如MOV是16位指令，DMOV是32位指令。(　　)

（26）在指令助记符后标有“P”的为脉冲执行型指令，无“P”的为连续执行型指令。(　　)

（27）指令MOV为传送指令，如MOV K50 D1，是指将K50传送到D1中。(　　)

（28）CMP是两数比较指令。(　　)

（29）ZRST 为区间比较指令。可将指定的元件号范围内的同类元件成批复位。(　　)

（30）图 2-45 所示比较指令中，将 K50 和 C20 两个操作数进行比较，当 X010 = ON 时，K50 < C20，M10 = ON。(　　)

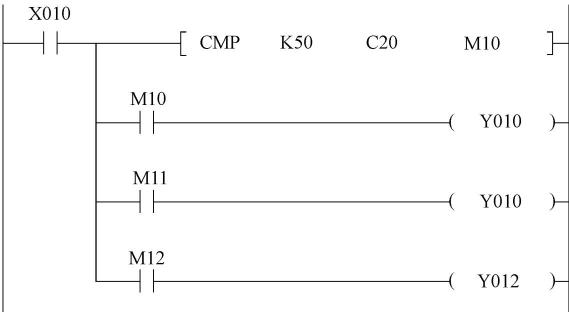


图 2-45　题 1（30）图

（31）如图 2-46 所示是用功能指令实现 Y = 18 * X/5-23 的程序。(　　)

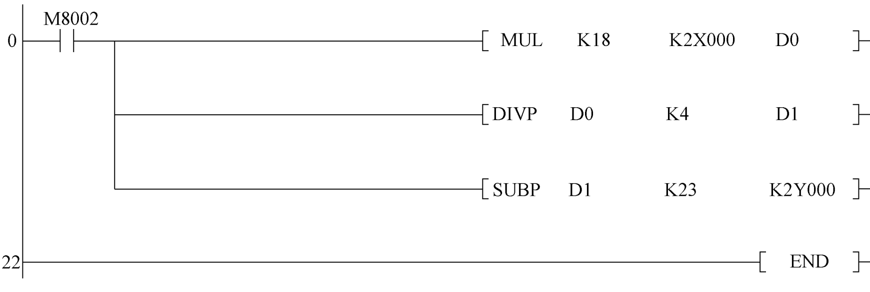


图 2-46　题 1（31）图

习题 2.2　有一滑块要求在机械轴上左右往返运动，滑块的左右运动通过一个电动机的正反转来完成。起动后，滑块从起始位置先向左滑动，到达左限位后，向右滑动，到达右限位后向左滑动，循环往复。当按下停止按钮，滑块停止。要求设计 PLC 与输入/输出设备的连接图、I/O 分配表，并设计梯形图程序。

习题 2.3　设计一个三组抢答器，要求：当没按下“开始”按钮时，如果三路中有任何一路按下抢答按钮，则违例，这时总台指示灯和违例一路指示灯亮；按下“开始”按钮后，某一路按下抢答按钮，则正常答题，这时抢得的那路灯亮（注意，先按下的为有效）。

习题 2.4　请设计电动机延时起动环节的 PLC 连线图和电动机主电路。

习题 2.5　请设计彩灯控制程序，要求三盏彩灯，当按下开始按钮时，第一盏亮，2s 后第二盏灯亮（两盏灯同时亮），再过 3s，第三盏灯亮；当按下停止按钮时，灯全灭。要求可自行进行 I/O 分配，建议通过 FXTRN-BEG-C 软件中的 D-3 中的仿真环境来调试该程序。

习题 2.6　设计一个三组抢答器，要求：当没按下“开始”按钮时，如果三路中有任何一路按下抢答按钮，则违例，这时总台指示灯和违例一路指示灯亮；按下“开始”按钮后，5s 内某一路按下抢答按钮，则正常答题，这时抢得的那路灯亮（注意，先按下的为有效）；如果在 5s 内无人抢答则超时，这时，总台指示灯亮。按下“复位”按钮时复位。

第 3 讲　逻辑控制应用案例

导读

交通灯通常指由红、黄、绿三种颜色的灯组成用来指挥交通的信号灯，是现代社会中必不可少的交通工具。本讲介绍了用三菱 FX 系列 PLC 作为控制器来组成交通灯控制系统的程序编写过程。而输送带是自动化生产设备中的另外一种常见设备。本讲还涉及大小物品分类、包装线流水控制、物件分拣控制等。本讲的 4 个逻辑控制应用案例都可以在 FX TAIRNER 三菱仿真软件中进行训练，非常形象。



应知

- 十字路口交通灯的基本控制要求
- 熟悉运输生产线的构成与作用
- 熟悉包装生产线的构成与作用
- 了解生产线上对产品的分拣与不同处理

- 掌握三灯轮流点亮并分别对其点亮时间进行控制
- 掌握循环控制编程
- 熟悉使用置/复位指令对生产线进行启动/停操作
- 熟悉 PLC 程序的调试技巧
- 综合运用所学的知识来解决一个 PLC 编程的复杂问题



应会

3.1 交通灯的 PLC 控制

3.1.1 交通灯控制要求

现代社会的交通在生活中起到越来越重要的作用，加上日益繁重的交通压力，使得对交通灯的功能有了越来越多的要求。我们看到现代的交通灯分车行道交通灯和人行道交通灯，车行道的交通灯又区分为不同方向的信号灯。当然，普通的十字路口和地处三岔路口和五岔路口的交通灯又有不同的控制要求。路口交通灯示意图如图 3-1 所示。



图 3-1　路口交通灯示意图

这里我们从最简单、最常见的十字路口交通灯的控制要求开始进行编程练习。一个十字路口分别有南北方向和东西方向两对共 4 组交通灯，由于同方向的一对交通灯的变化完全相同，因此我们可以将同方向的一对交通灯合并起来。这样，从控制的角度来说，我们仅要完成东西方向和南北方向各三盏共六盏交通灯的控制。

两个方向的交通灯信号之间存在着制约关系，这个制约关系是交通安全的保障，即：东西红 = 南北绿 + 南北黄，也就是说南北方向车辆通行时，东西方向车辆禁行。同理，我们可以得到对称的一个制约关系：南北红 = 东西绿 + 东西黄，表明东西方向车辆通行时，南北方向车辆禁行。

至于同方向的不同信号灯之间不存在制约关系，信号灯时间的长短取决于这个方向的车流量的状况，以及本路口的通行状况对该方向整条道路车流通行的影响。在现代交通中，这个信号的时间长短有时根据道路的高峰期而进行变化，以利于交通的流畅，因此在完成程序时如果能把程序写成是时间可调的就更好了。

3.1.2 单方向交通灯控制程序

下面，我们根据一个假定的控制要求来编写程序，控制时序表见表 3-1。

表 3-1 交通灯控制时序表

信号灯	点亮时间	信号灯	点亮时间
南北绿	40s	东西绿	30s
南北黄	3s	东西黄	3s
南北红	33s	东西红	43s

从表 3-1 中我们可以看到一个完整的红绿灯周期是 76s，两个方向的信号灯符合刚才我们讲到的制约关系。

由易到难，我们首先来编写南北方向交通灯控制程序。南北方向交通灯控制 I/O 分配表见表 3-2。

表 3-2 南北方向交通灯控制 I/O 分配表

功 能	输入/输出元件	功 能	输入/输出元件
开始按钮	X020	南北黄	Y001
停止按钮	X021	南北绿	Y002
南北红	Y000		

3.1.3 单方向控制程序的编写

单方向交通灯控制程序我们可以在 FX TAIRNER 仿真软件中完成程序的编写及仿真运行，交通灯控制在 FX TAIRNER 仿真软件中的初级挑战的 D-3 中。

首先，我们编写程序运行控制部分（见图 3-2），当按下开始按钮 X020 时，运行控制辅助线圈 M0 接通，并自锁，在交通灯运行的全过程中，M0 保持接通状态，直至停止按钮 X021 按下，M0 断开。



图 3-2 程序运行控制编程

交通灯控制程序最关键的是时序，接下来我们完成时序控制编程。当程序开始运行时，M0 线圈接通，这时第一个定时器 T1，也就是控制南北绿灯的定时器开始定时，因此我们首先接通定时器 T1 的线圈，T1 是 100ms 定时器，因此为它设定定时设定值为 400。注意，这时 T1 的常开触点并没有接通，而是 40s 定时完成后，T1 的常开触点才闭合。T1 的常开触点闭合后，使得定时器 T2 的线圈接通，它用来为南北黄灯定时，为它设定定时设定值为 30。同样的，T2 的常开触点也没有接通，而是 T2 的定时时间到后，T2 的常开触点闭合，定时器 T3 的线圈接通。显然，T3 是为南北红灯定时的定时器，因此，定时设定值为 300。

由于 M0 在信号灯运行的全过程中始终是接通的，因此，定时器在定时时间到后没有复

位，直到 T3 定时结束，即一个完整的信号灯运行周期结束后，T3 的常闭触点断开，使 T1、T2、T3 相继断开（T3 的常闭触点直接断开 T1 的线圈，T1 的线圈断开引起 T1 的常开触点断开，使得 T2 的线圈断开，T2 的线圈断开引起 T2 的常开触点断开，又使得 T3 的线圈断开），最后 T3 的常闭触点闭合，T1 的线圈重新得电开始定时，新的信号运行周期重新开始（见图 3-3）。

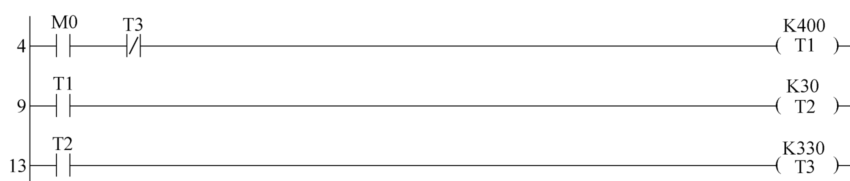


图 3-3　时序控制编程

解决了时序的问题后，信号灯的控制就变得顺理成章了。运行监控 M0 接通后，Y002 也就是南北绿灯直接得电点亮，直至定时时间到，T1 的常闭触点将其断开熄灭。这里用接通条件和断开条件的思路来理解最直接。对一个线圈来说，它的接通条件用常开触点，断开条件用常闭触点来完成。绿灯的接通条件是开始运行，断开条件是绿灯定时时间到，因此运行监控的常开和 T1 定时器的常闭串联就完成了绿灯的控制。同理，黄灯的接通条件是绿灯定时结束，断开条件是黄灯定时结束；而红灯的接通条件是黄灯定时结束，断开条件是红灯定时结束（见图 3-4）。



图 3-4　信号灯控制编程

3.1.4　单方向控制程序的仿真

程序编写完成后，我们可以通过编程栏上方的“转换”菜单-“转换”命令来进行对程序的转换（见图 3-5）。没有转换过的程序是不能进行下载仿真运行的。

程序的下载可以采用编程栏上方的“在线”菜单—“写入 PLC”命令（见图 3-6a），也可以采用点击软件左上角的“写入 PLC”按钮来进行程序写入（见图 3-6b）。

程序写入后，系统自动进入仿真运行，可以注意到编程栏的右边的“RUN”运行指示灯点亮，这是仿真 PLC 进入运行状态。另外，“RUN”运行指示灯下方是输入/输出元件的接通指示，在图 3-7 中我们可以观察到输出元件 Y002 的运行指示灯点亮，这也是仿真 PLC 器件面板上的输入/输出指示，这可以帮助我们在调试程序中观察程序运行的状况和实际输入/输出元件接通的状态是否一致，帮助我们在系统运行不正常时区分是程序运行故障还是硬件故障。

在仿真运行的时候给大家介绍一个小小的提高效率的技巧：在这个程序中，绿灯和红灯

亮的时间比较长，一个信号灯的周期就超过了1min，这使得调试的过程中需要很多的等待，比在实际路口等红灯要久得多；而且为了观察程序的运行，我们需要观察几个周期，很费时间。建议大家将红灯和绿灯的定时设定值减少一个0，这样就把一个周期缩短到10s内，这样调试的效率就大大加快了。

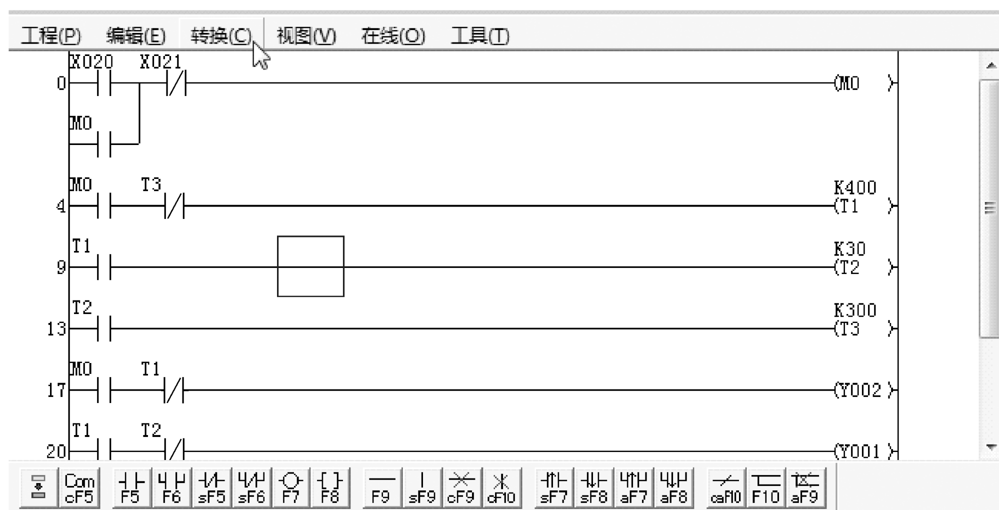


图3-5 单方向交通灯程序的转换

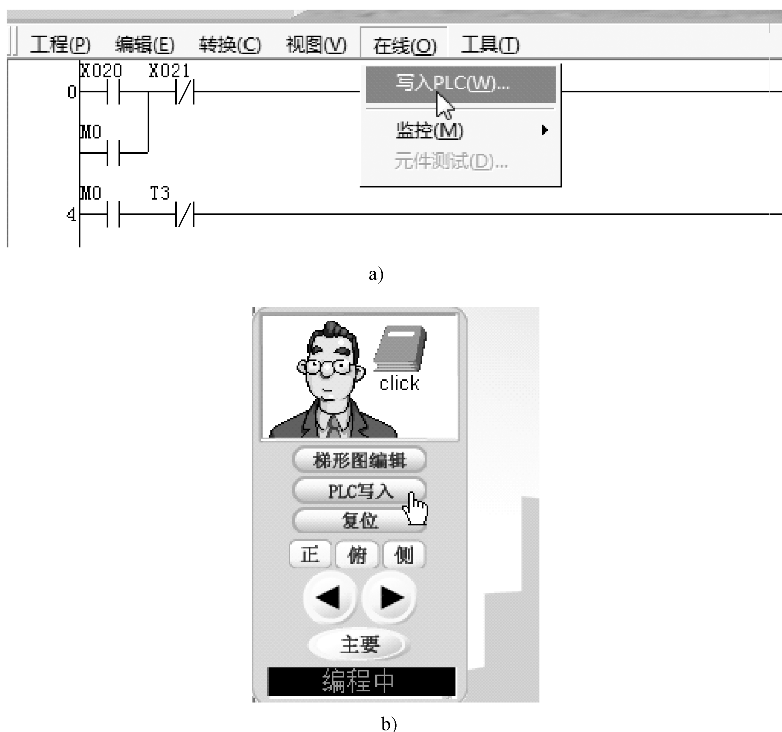


图3-6 写入PLC程序

a）通过菜单来写入PLC程序 b）通过软件的快捷按钮来写入PLC程序

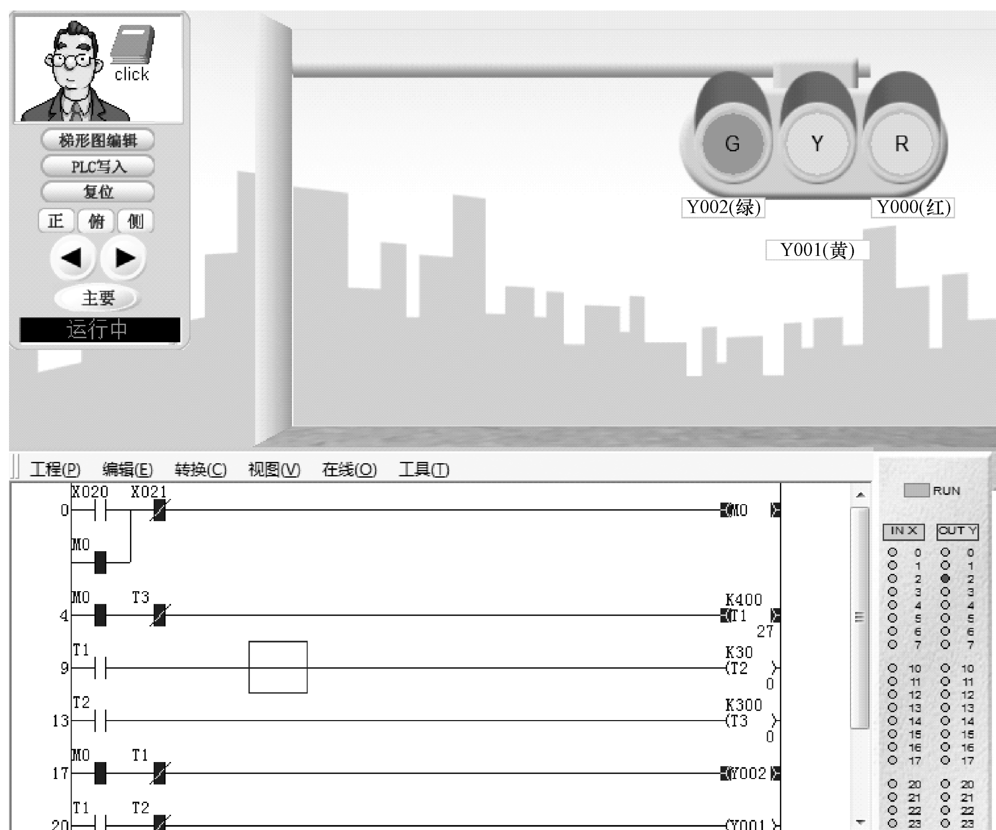


图 3-7 单方向交通灯控制程序的仿真

另外，我们这里给出的程序是调试过的程序，大家在自己编写的时候，初学者不免会犯一些错误，出现运行不成功，这时候不要气馁，更不要放弃，而是仔细观察错误的现象，并分析其原因，通过调试一定会找到问题所在，并解决问题。更重要的是，在调试中发现自己编程的问题，并积累程序调试经验。在编写程序时，每次都一次性完成编程是不可能的，需要在调试和改进中完成程序。不断地学习编程，不断地在调试中积累经验，这就是成长为有经验的编程工程师之路。

3.1.5 在交通灯控制程序中加入闪动环节

有的同学在看了刚才的单方向交通灯控制程序后可能会提出，一般的交通灯在绿灯信号接近熄灭的时候会出现绿灯的闪动。是的，如果在上面的程序中加入绿灯熄灭前的闪动，程序就更加接近实际，这就要用到我们在第 2 讲中所学到的闪动环节。这里面的难点在于绿灯刚开始是一直亮的，后来才闪动，也就是说绿灯在不同的时间段有两种不同的状态，需要避免两种状态的相互影响。

加入闪动环节要在原有的时序基础上将绿灯亮的时间缩短 3s，再加入一个 3s 的闪动时序。如图 3-8 中，双击 T1 线圈，在弹出的对话框中将设定值从 400 改为 370。

需要在 T1 后面增加为闪动定时的定时器，因此需要在这里加入一行。首先将光标放置在要插入位置的下面一行，然后选择“编辑”菜单中的“行插入”命令，这样就插入了一

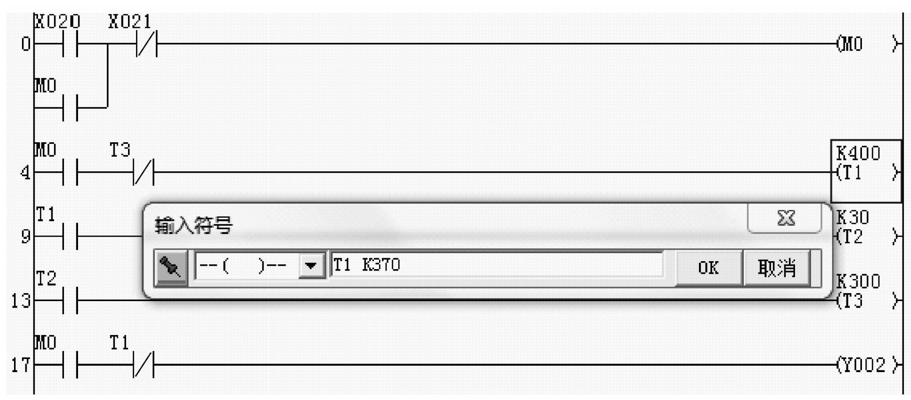


图 3-8 减少 T1 定时时间

行（见图 3-9）。



图 3-9 在 T1 与 T2 定时中间插入空行

在刚才的时序中，T1 与 T2 中间加入了一个 3s 的定时器 T10，用来作闪动环节的定时（见图 3-10）。



图 3-10 加入 T10 定时器

完成闪动动作需要两个定时器来配合动作，这个环节其实与其他的时序程序没有关系，因此没有位置的要求，为了不破坏时序程序的可读性，我们将这个闪动环节的程序放在时序

程序的后面。用和刚才一样的行插入，在时序程序的后面插入如图 3-11 所示的闪动环节程序。

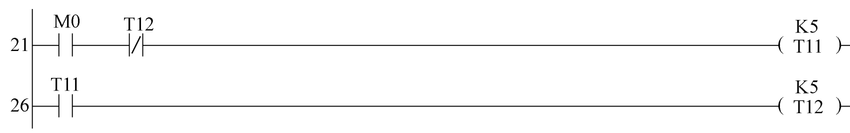


图 3-11 闪动环节程序

从图 3-11 不难看出这个闪动环节程序是在 M0 接通时，也就是说信号灯运行的全过程中 T11 都在闪动，如果直接将 T11 触点接入到绿灯上，则绿灯一直闪动，这就不符合我们的要求，而且还将原来的红绿灯正常运行给破坏了。因此在什么时机将 T11 触点接入到绿灯上是完成绿灯先亮后闪的关键。这里绿灯在亮的 40s 时段中有常亮和闪动两种状态。常量状态我们已经做了，在闪动时开始的条件是常亮定时 T1 定时时间到，结束的条件是闪动定时 T10 定时时间到，在闪动的时间段里还要把那个一直在闪动的触点 T11 接进去。

提醒大家千万不要将这两种状态编写成绿灯的两次输出，如图 3-12 所示，这是初学者很容易犯的错误，PLC 的梯形图不支持双线圈输出。这样编写的结果 PLC 不会提示出错，但前面的 Y002 这行程序就失效了，当出现这种错误的时候由于 PLC 不会提示出错，调试的时候也不易发现。

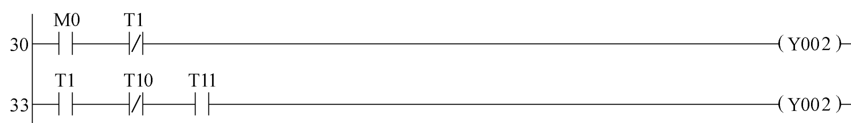


图 3-12 双线圈输出错误

图 3-12 所示的程序思路是完全正确的，只是出现了双线圈错误。只要将双线圈合并即可。也就是让控制常亮的程序和控制闪动的程序并联。

这里要提醒的是黄灯的程序原来开始的条件是 T1 定时结束，而现在是闪动定时的结束即 T10，需要改过来（见图 3-13）。

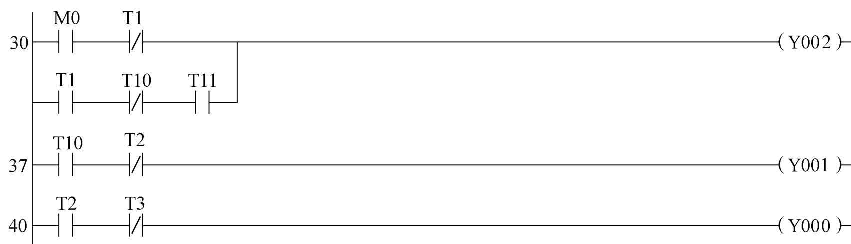


图 3-13 加入闪动的信号灯程序

3.1.6 交通灯控制程序

当完成单方向的交通灯控制程序后，我们就可以开始来着手编写完整的交通灯控制程序

了。完整的交通灯控制程序又增加了东西方向的 3 个信号灯，这 3 个信号灯和南北方向的 3 个信号灯是同时运行，而且信号周期是相同的。其实编写的思路和前面我们所学习过的单方向的信号灯程序是一样的，只要我们把握住在本章开始讲到的两个方向的信号灯之间的制约关系，增加一个方向的信号灯程序几乎是单方向交通灯程序如法炮制。

下面，我们建立完整的交通灯控制程序的 I/O 分配表见表 3-3。

表 3-3　交通灯控制程序的 I/O 分配表

功　　能	输入/输出元件
开始按钮	X020
停止按钮	X021
南北红	Y000
南北黄	Y001
南北绿	Y002
东西红	Y003
东西绿	Y004
东西绿	Y005

程序运行控制部分不变，这里就不重复了。根据表 3-1 的时序，我们在时序程序中加入东西信号灯的时序程序。为了程序编写及调试的方便，我们将闪动环节先去掉，恢复没有闪动环节的程序（见图 3-14）。



图 3-14　交通灯控制的时序程序

注意，在这里一个信号周期开始的时候南北方向首先是绿灯点亮，因此绿灯的定时器 T1 首先开始定时。显然根据常识，从东西方向来看，周期开始的时候应该是红灯先点亮，因此 T4 是为东西方向的红灯定时的，因此定时设定值为 430。南北方向一个信号周期的顺序为绿-黄-红，则东西方向的信号周期相应地为红-绿-黄。交通灯控制的信号灯程序如图 3-15所示。

这样，图 3-2 所示的程序运行控制加上图 3-14 和图 3-15 所示的程序就是完整的交通灯控制程序了。FX TAIRNER 仿真软件中的初级挑战的 D-3 中的仿真仅有一个方向，两个方向的交通灯控制程序的调试就只能通过观察输入/输出运行指示灯的变化情况了，如图 3-16 所示的左边部分。如果觉得不够形象的话，还可以借助仿真软件中的灯显示部分的三盏灯，如



图 3-15　交通灯控制的信号灯程序

图 3-16 所示的右边部分来作为东西方向的信号灯，当然，这需要把东西方向的输出元件 Y003、Y004、Y005 改为 Y020、Y021 和 Y022。

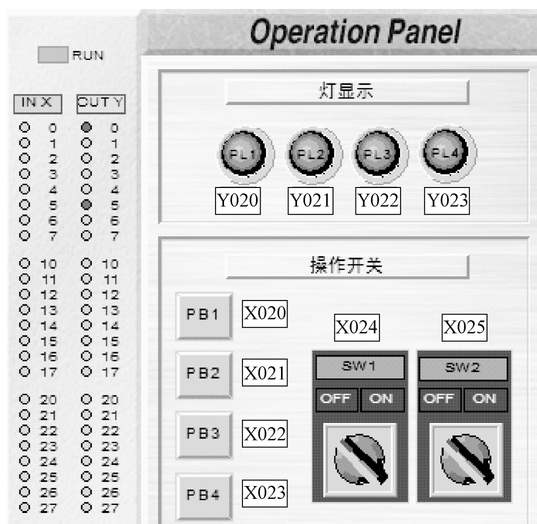


图 3-16　交通灯控制程序的调试

3.1.7　实现信号时间可调的交通灯

最后，我们来讨论一下如何使我们完成的交通灯控制程序成为信号时间可调的交通灯控制程序。

定时器的设定值设置有两种方式：一种就是我们已经掌握的立即数设置，就是直接给出一个设定值，在给出立即数的时候同时用一个 K 字母表示该立即数是十进制数，如果使用字母 H 则表示立即数为十六进制数；还有一种方式是采用数据寄存器来设置设定值，给定时器分配一个数据寄存器，而设定值放在数据寄存器内。这种方式的优点就在于当需要改变定时器的设定值时，可以在程序中改变该数据寄存器的值。

3.1.8　在程序中使用数据寄存器设置定时器设定值

图 3-17 所示是使用数据寄存器设置定时器设定值的范例，对于数据寄存器的内容需要用 MOV 指令来赋值。

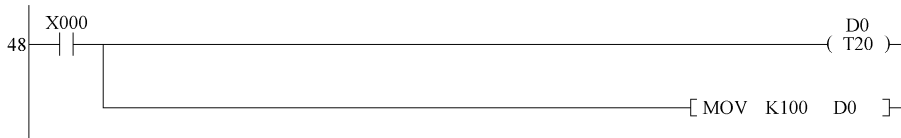


图 3-17　使用数据寄存器设置定时器设定值

图 3-18 所示的是修改后的时序程序，黄灯时间固定在 3s，因此设置为不可变。还需要使用 MOV 指令对数据寄存器进行赋值（见图 3-19）。



图 3-18　修改后的时序程序

当需要改变信号灯的设定时间时可以采用另一组赋值语句来完成，当然也可以通过触摸屏等人机界面来完成。

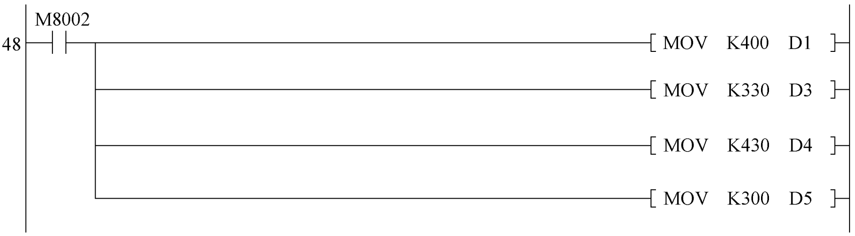


图 3-19　对数据寄存器的赋值程序

图 3-20 所示的就是改变数据寄存器值的程序。当南北方向的车流量加大时，考虑到道路通畅的大局，加长南北方向的绿灯时间，减少东西方向的绿灯时间，同时东西方向的红灯时间相应加长。而绿灯当 X022 触点接通的时候，就对数据寄存器赋了一组新的值，定时器的定时也相应发生改变。



图 3-20　改变数据寄存器值的程序

3.2　大、小物件的分类控制

3.2.1　仿真环境

我们可以在 FX TAIRNER 仿真软件中完成程序的编写及仿真运行，输送带上大、小物

件分拣在 FX TAIRNER 仿真软件中的初级挑战的 D-4 中，如图 3-21 所示。从图 3-21 中可以看到具体的 I/O 分配情况。

点击界面左上角的显示索引，书的图形会被展开，我们可以看到此项练习的控制要求。打开显示索引如图 3-22 所示，显示控制要求及要点提示如图 3-23 所示。

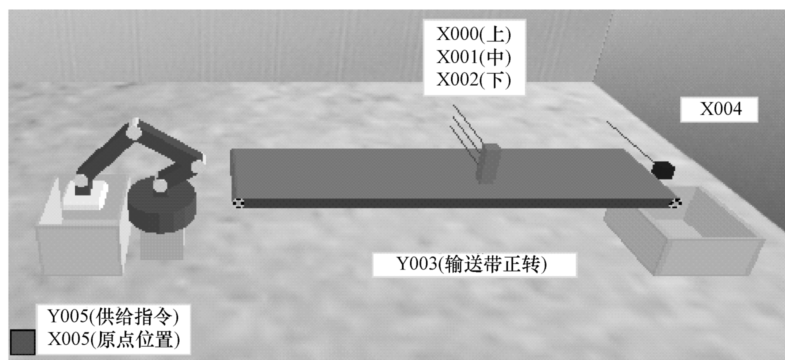


图 3-21 输送带上大、小物件分拣



图 3-22 打开显示索引

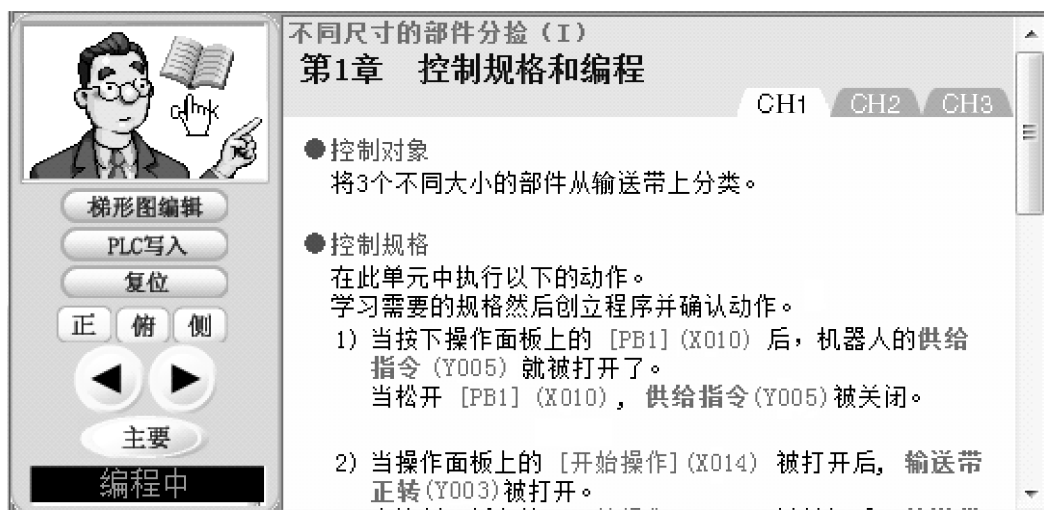


图 3-23 显示控制要求及要点提示

展开后，CH1 即“第 1 章”（是指仿真软件，而不是本书）的内容是控制要求，是最重要的，CH2 和 CH3 的内容是要点提示，如果认为有需要就浏览一下。由于软件中的控制要求是从原版日文翻译为中文的，有部分内容翻译得不是很容易懂，有时需要发挥一点想象力，需要自己站在控制要求的设计者的角度去思考。

3.2.2 I/O 分配

输送带的 I/O 分配见表 3-4。

表 3-4　输送带的 I/O 分配

功　　能	输入输出元件
供给按钮 PB1	X010
开始操作旋钮	X014
上传感器	X000
中传感器	X001
下传感器	X002
输送带末端传感器	X004
机器人供给	Y005
输送带正转	Y003
大物件指示灯	Y010
中物件指示灯	Y011
小物件指示灯	Y012

3.2.3　控制要求

本仿真练习的控制要求有如下几点：

1）按钮开关 PB1 每按下一次，机器人就供给一个元件；

2）开始操作旋钮拨到 ON，输送带正转，拨到 OFF，输送带停；

3）物件在输送带上移动，当通过上、中、下这 3 个传感器时，物件的大、中、小被识别出来并在面板上的大、中、小 3 个指示灯上被显示出来，直至物件被移动到输送带末端的传感器位置，大、中、小指示灯熄灭。

3.2.4　物件的供给及输送带控制

控制要求中的 1）和 2）是关于物件的供给和输送带控制，本练习中的这部分控制比较简单，就是用一个触点来控制一个输出线圈。物件供给及输送带控制程序如图 3-24 所示。

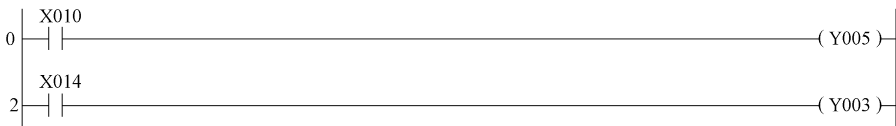


图 3-24　物件供给及输送带控制程序

将这两句程序转换并进行 PLC 写入后，仿真开始，我们看到可以通过开始旋钮来开始输送带的运行（见图 3-25），并通过供给按钮使系统给出一个元件并放到输送带上。

3.2.5　大、小物件的判断

在该练习中，编程的难点在于对系统随机给出物件的大、中、小的判断以及显示。这里物件的大、中、小的辨别是依靠输送带中部的上、中、下 3 个传感器。当物件通过传感器时，因物件的不同大小，会挡住不同的传感器，被挡住的传感器被置 1（即其常开触点闭合）。图 3-26 所示是中物件在输送带上通过传感器的状况，我们可以看到，中物件会挡住中

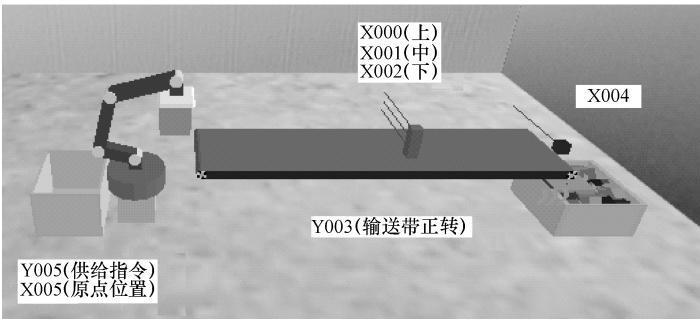


图 3-25 物件供给及输送带运行状况

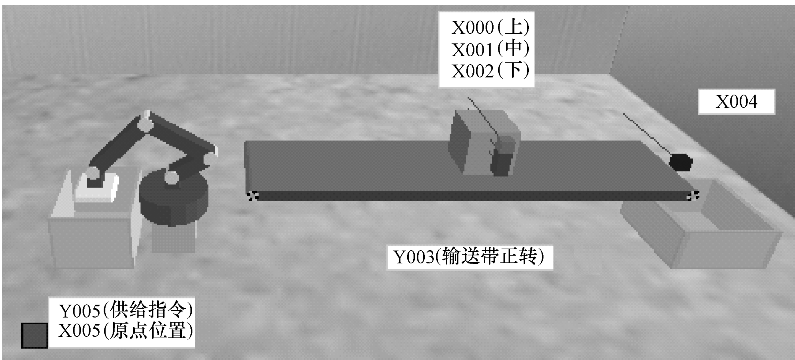


图 3-26 中物块在输送带上通过传感器的状况

和下两个传感器，这两个传感器变成红色，而上传感器还是灰色的。

在这里很容易犯的一个错误是大家会很自然地认为，小物件挡住下传感器，中物件挡住中传感器，大物件挡住大传感器，这看起来很合理。于是就有了如图 3-27 所示的大、中、小分拣编程。

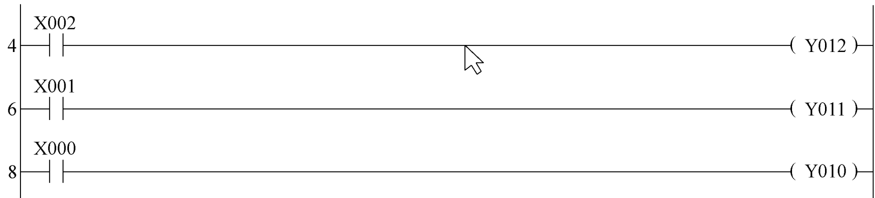


图 3-27 大、中、小分拣编程

这样的程序在系统出现小物件的时候看起来还算正常，但是当出现的是中物件和大物件的时候就有问题了。图 3-28 所示的是大物件通过时的错误指示，我们看到大、中、小三盏灯全亮了，这显然不符合要求。

我们来看一下，出现这个状况的原因在于，我们原来的设想是大物件出现时会挡住上传感器，而当出现大物件的时候，上、中、下 3 个传感器都被挡住了。也就是说，下传感器在每个物件通过时都会被挡住，因为这个传感器低，连小物件都能挡住它，更何况是中物件和大物件。同理，中物件和大物件通过时中传感器会被挡住，只有大物件才能挡住上传感器。

因此我们可以这样来考虑，大物件最特殊，因为只要上传感器被挡住，就一定是大物

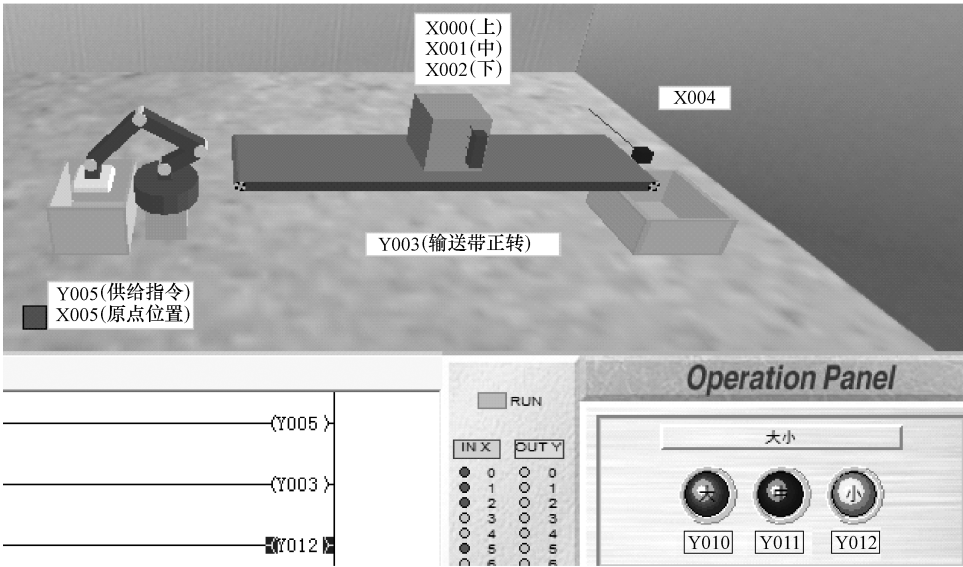


图 3-28　大物件通过时的错误指示

件；当中传感器被挡住，排除大物件，那就是中物件了；下传感器被挡住时，要排除大物件和中物件，才能确定是小物件。正确的大中小物件的判断如图 3-29 所示。

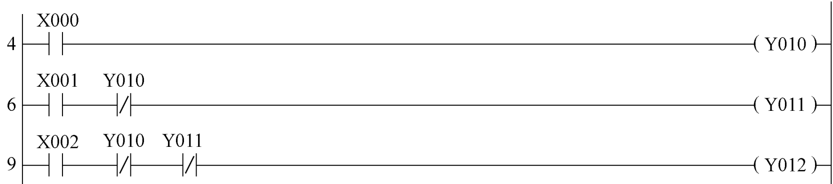


图 3-29　正确的大、中、小物件的判断

当将这个程序写入 PLC 时，会发现对物件大、中、小的判断就正确了。当然这里的 Y010 和 Y011 的常闭触点也可以用 X00 和 X001 的常闭触点来替代。

3.2.6　大、中、小指示灯控制

仿真运行上面的程序后，我们发现控制要求第 3 点中的后半句还没有实现，现在的大、中、小指示灯仅仅是在物件通过判断传感器的时候亮一下，随即就熄灭了。

指示灯的状态要保持可以采用输出线圈自锁的方式，另外末端传感器是将指示灯熄灭的条件，因此，X004 作为断开条件，X004 的常闭触点串联在输出线圈线路中（见图 3-30）。

还有一种方式是采用对输出线圈使用置位的方式，末端传感器 X004 作为物件大、中、小指示灯的复位条件。对线圈使用置位语句和输出线圈的不同在于，当置位语句的条件成立，线圈就被置 1，然后即使前面的条件不再成立，线圈仍然保持 1 的状态，直至复位语句的条件成立（见图 3-31）。

同学们可以自行比较这两种方法的不同，以及两种方法的优劣。采用不同的方法来完成同一个要求对扩展我们的思路，并对我们将来在不同控制要求下灵活运用编程技巧很有

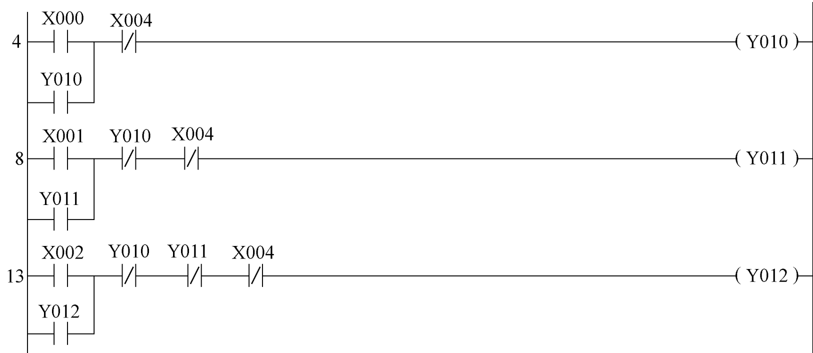


图 3-30　采用自锁的方式锁存指示灯状态



图 3-31　采用置位和复位的方式锁存指示灯状态

益处。

3.3　包装流水线控制

3.3.1　包装流水线仿真控制要求

打开 FX-TRN-BEG 软件进入中级挑战 E-5，在包装流水线仿真环境中，机械手供给箱子到输送带上，当箱子运行到橘子供给设备下时，输送带停下并供给橘子，每供给一个橘子，传感器 X002 就发一个脉冲。当箱子里面装了 5 个橘子后，停止供给橘子，输送带重新启动，最终运送到大包装箱中。包装流水线仿真环境如图 3-32 所示。

从图 3-32 中可以看到，I/O 分配已经确定。现整理列表见表 3-5。

3.3.2　供给计数控制环节

这里我们先越过输送带起停环节，来看一下计数部分的编程。当箱子停在橘子供给设备下方时，开始打开橘子供应设备，每供给一个橘子，传感器 X002 就发一个脉冲，因此可以对 X002 进行计数，当计数到 5 时，计数器动作，用计数器的触点可以停止供给橘子。另外，在下一次计数前要给计数器复位，这样才能使计数器可以重新进行计数（见图 3-33）。

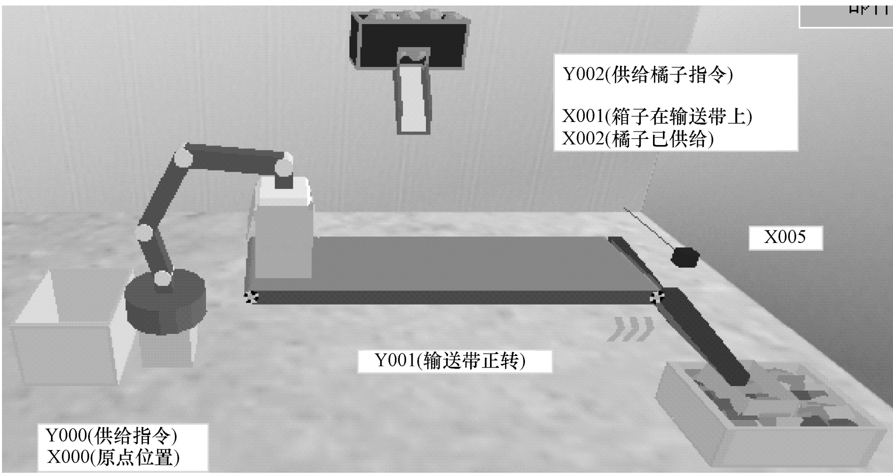


图 3-32　包装流水线仿真环境

表 3-5　包装流水线控制 I/O 分配表

功　　能	输入/输出元件
机械手在原点信号	X000
箱子在橘子供给设备下面	X001
供给橘子信号	X002
箱子到输送带末端信号	X005
供给按钮	X020
输送带正转	X024
机械手供给箱子	Y000
输送带正转	Y001
供给橘子	Y002



图 3-33　供给计数环节编程

3.3.3　输送带的起停控制环节

根据包装流水线的动作要求，我们首先要使机械手供给一个箱子，并使输送带正转，将箱子传送到橘子供给设备下方。机械手的供给很简单，我们在本讲第 2 节中已经学过了，即使用供给按钮的触点驱动供给箱子线圈。但这里的输送带的起动我们就不能再使用原来的方法了，因为这里的输送带起停比原来复杂得多，这里的输送带同样是采用旋钮 X024 起动的，在起动后，当包装箱被传送到橘子供给设备下方时，输送带需要自动停下，使得箱子停

在原地等待橘子被放入到箱子中。这个时候 X024 仍然是拨到 ON 的状态，又要使输送带停下，这就和刚开始的，将 X024 拨到 ON 使输送带正转矛盾。

3.3.4 使用按钮起动输送带

为了学习输送带的起停控制，我们首先降低难度，将起动输送带的旋钮改成按钮，这里就采用 X021 按钮。当按下按钮 X021 输送带起动，输送带起动后按钮信号消失，输送带由于自锁继续运行，当到橘子供给设备下方时，通过位置传感器 X001 使输送带停下。当橘子数量装到后，计数器动作，可以通过计数器的触点再次起动输送带。输送带的两次起动是不同的条件完成的，因此这两种不同的条件是并联关系。但是要注意，第二次起动的时候，箱子正处于橘子供给设备下方，也就是说输送带的断开条件仍然成立。如图 3-34 所示的编程，输送带的第一次运行，起停都正常，但第二次运行就起动不了。虽然计数器 C1 的常开触点已经接通，说明计数已经完成，但输送带 Y001 的线路中的位置传感器 X001 的常闭触点断开，因此输送带不能运转。

输送带不能起动状况图如图 3-35 所示，在装橘子的过程中，由于箱子停在橘子供给设备下，因此位置传感器 X001 处于接通状态，X001 传感器旁的红色表示该传感器处于动作状态，因此其常闭触点断开。要使这个传感器状态改变，必须起动输送带使箱子离开现在的位置，因此起动输送带必须要脱离这个传感器状态的影响。

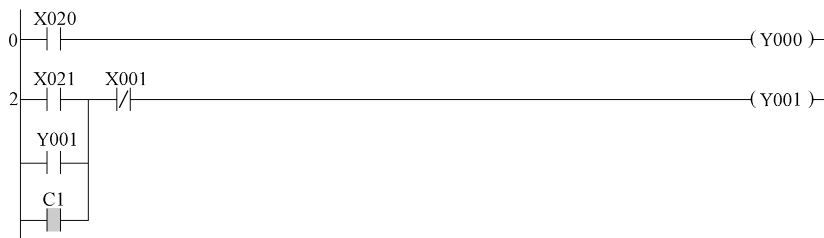


图 3-34 有误的起停控制环节（使用按钮）

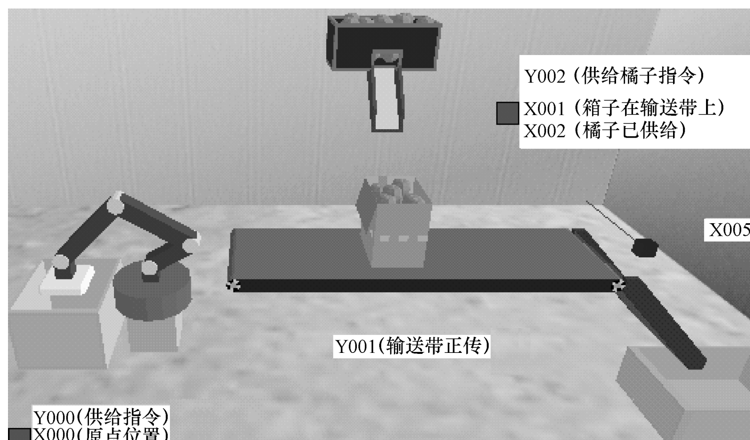


图 3-35 输送带不能起动状况图

图 3-36 所示是修改过的起停控制环节，这样 Y001 线圈的接通就不受 X001 触点的影响，当箱子一旦离开橘子供给的位置，X001 常闭触点闭合，Y001 线圈就形成自锁。



图 3-36　修改过的起停控制环节（使用按钮）

3.3.5　使用按钮起动输送带的另一种编程方法

刚才介绍的这种编程方法实现输送带的起停，需要仔细地观察并对逻辑推理有一定的要求，对初学者有时候并不容易。但这是很好的思维训练，一个控制工程师必须具备一定的逻辑推理能力，否则很难胜任控制程序编写、系统维护等工作。

这里我们再介绍一种使用置位/复位指令来驱动线圈的方法。用置位/复位指令来驱动线圈和直接输出线圈的区别在于，当置位指令前的条件满足时，线圈就被置位（动作），即使指令前的条件不再满足，线圈仍然保持置位状态。这样，线圈就不需要自锁，线圈需要复位时必须执行复位指令。这种方法最大的优点是避开了双线圈输出的问题，可以多次对同一个线圈进行置位和复位，程序运行简单、可靠。掌握这种编程方法很有必要，在一些情况下，对一个线圈的驱动条件比较复杂，比如电梯控制程序中电梯的升和降，用输出线圈的方式基本上无法胜任，而用置位/复位指令就使得控制程序简洁并可靠。

图 3-37 所示是用置位/复位指令改造后的起停控制程序。置位/复位指令必须成对出现，X021 是第一次驱动输送带 Y001 的条件，用于驱动置位指令；位置传感器 X001 是停止输送带的条件，因此用于驱动复位指令，C1 和 X005 同理。在编程中需注意，虽然可以反复置位一个线圈，但如果某一条置位指令和复位指令前的控制条件同时被满足，程序会运行不正常。

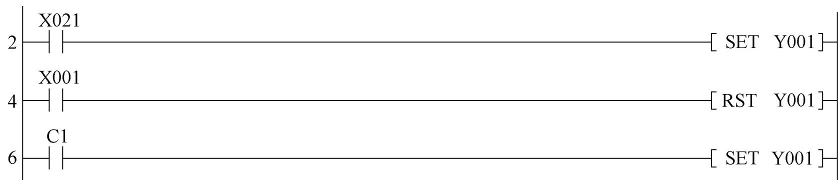


图 3-37　用置位/复位指令改造后的起停控制程序

在使用置位/复位指令时，要注意，由于驱动置位/复位指令的条件一旦满足，线圈就被置位或复位，即使驱动条件消失，线圈的状态仍然保持，因此建议大家使用短时间动作的触点来驱动置位/复位指令。因为如果驱动条件一直满足的话，PLC 每个周期扫描的时候就重新执行置位和复位动作，是没必要的，并且在程序中容易出现矛盾。什么是短时间动作的触点呢？比如说这里的 X021 就是短时间动作的触点，因为 X021 所连的是按钮，当按钮按下时，X021 的常开触点闭合，按钮松开时，X021 的常开触点恢复到断开的状态。而位置传感器 X001 的常开触点就不是短时间动作的触点，因为在箱子装橘子的过程中，箱子始终停留在该位置，使得传感器 X001 的常开触点一直处于闭合状态。

那如何将不是短时间动作的触点转变为短时间动作的触点呢？我们来看工具栏上除了我们常用的常开/常闭触点和线圈以外，还有如图 3-38 所示的上升/下降沿触点工具。

如图 3-39 所示，所谓上升沿就是从 0 跳变到 1 的瞬间状态，而下降沿就是从 1 跳变到 0 的瞬间状态。从 PLC 的梯形图扫描的角度来说，一个触点的上升沿触点就在其从 0 跳变的 1 的那个扫描周期动作，下个周期即恢复原状。而下降沿触点则是在其从 1 跳变到 0 的那个扫描周期动作，也是动作一个周期。



图 3-38　上升/下降沿触点工具

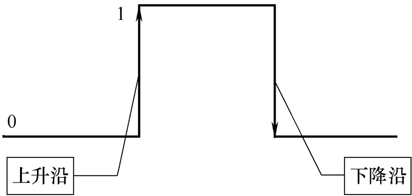


图 3-39　上升/下降沿示意图

一个触点虽然本身不是短时间动作的触点，但它的上升/下降沿触点一定是短时间动作的。一般情况下，如果仅仅是想要将触点变为短时间动作的触点，一般可以选择使用上升沿触点，因为它动作的时机和触点本身动作的时机一致，如图 3-40 中的 X001、C1 就是这种情况，我们选择使用上升沿触点。



图 3-40　使用复位置位指令的起停控制

3.3.6　使用旋钮来起动输送带

现在我们回到原来的控制要求，通过旋钮 X024 来作为输送带的开关。这里旋钮 X024 作为输送带的总开关，在输送带工作时，旋钮开关 X024 始终打开，在供给橘子时，又需要输送带自动停下，为了不使 X024 影响输送带的自动起停，我们考虑使用置位和复位指令来驱动输送带正转，程序如图 3-41 所示。

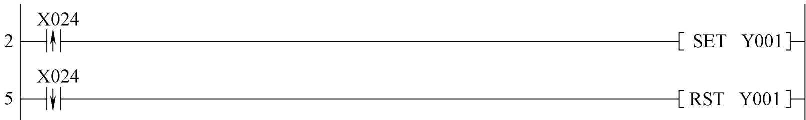


图 3-41　使用旋钮 X024 来作为输送带的总开关的程序

有了刚才的基础，我们再来看图 3-41 所示的程序就不难理解了。这两句程序的功能就是旋钮拨到 ON，输送带就正转，旋钮拨到 OFF，输送带就停止。完整的控制程序如图 3-42 所示。



图 3-42　完整的控制程序

3.3.7　连续自动运行控制

我们已经根据仿真中的要求完成了控制程序。利用这个仿真环境我们还可以完成其他的控制要求。刚才的控制程序运行后需要每次按下 X020 按钮来供给一个箱子，这里我们来学习完成一个连续自动运行的包装流水线。

系统刚起动时的第一次供给箱子我们仍然使用刚才的 X020 按钮，但接下去我们希望系统能够连续运行，也就是说除了 X020 按钮外，我们还需要使用一个在箱子装完橘子后能动作的触点来驱动箱子供给 Y000。我们可以看到输送带末端有个传感器 X005，每当箱子通过 X005 时动作，这时候也是一个包装流程进入尾声的标志，刚好可以作为下一个流程开始的控制命令。我们可以将 Y000 的驱动改为图 3-43 所示的程序，其他程序不变，这样就完成了连续自动运行的包装流水线。

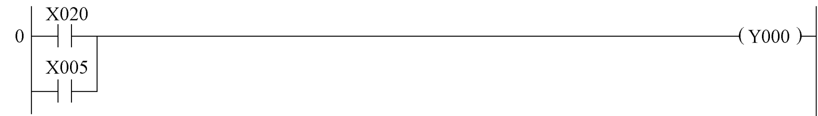


图 3-43　连续自动运行程序

同学们你们做得成功吗？如果不成功可以按照图 3-43 修改程序下载运行。

3.4　物件分拣与处理控制

3.4.1　仿真控制要求说明

图 3-44 所示为物件分拣与处理仿真环境示意图。

当按下供给按钮，机器人便供给一个物件，通过第一段输送带正转进行运送并检测大

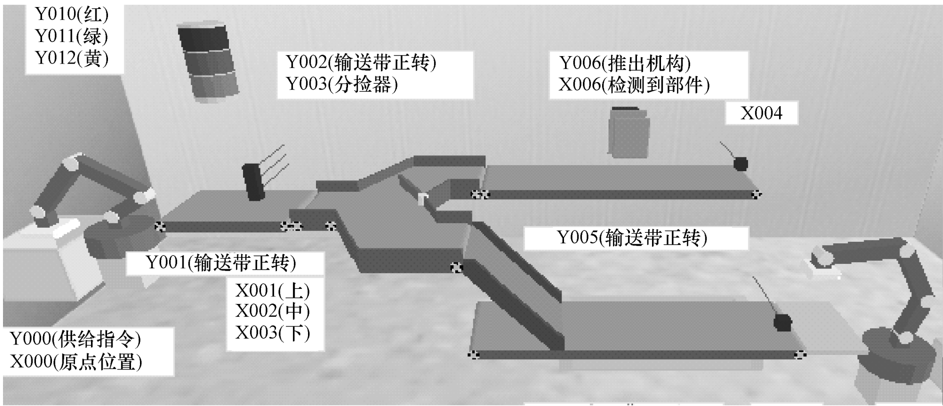


图 3-44 物件分拣与处理仿真环境示意图

小；接着第二段输送带运转，并根据刚才检测出的大小，利用分拣器的动作将大物件和小物件放到后部输送带，中物件被放到前部输送带；中物件被前部输送带传送到末端时，被机械手取到碟子上；大物件进入到后部输送带后被传送到末端，然后坠下；小物件进入到后部输送带后被推出装置推出。I/O 分配表见表 3-6。

表 3-6 I/O 分配表

功 能	PLC 输入元件	功 能	PLC 输出元件
供给命令按钮	X020	物件供给	Y000
输送带正转控制	X024	第一段输送带正转	Y001
输送带上传感器	X001	第二段输送带正转	Y002
输送带中传感器	X002	分拣器	Y003
输送带下传感器	X003	前部输送带正转	Y005
后部输送带末端传感器	X004	后部输送带正转	Y006
前部传感器末端桌子传感器	X011	前部传感器机械手取物	Y007
后部传感器中检测到物件传感器	X006	后部传感器推出传感器	Y006
		红灯	Y010
		绿灯	Y011
		黄灯	Y012

3.4.2 控制程序的分析与分解

我们说过任何一个复杂的问题都是由多个简单的问题组成的，那么在这个控制课题要求里，主要包含着物件供给、输送带起停、大中小物件的判断与分拣、第二段输送带的起停、不同物件的处理几个部分。

其实，前几个部分我们在前 3 节中已经学过，只需回顾一下即可。注意，这里虽没有大、中、小物件的指示灯要求，但我们还是需要把物件的大小信息储存起来，作为接下来对物件处理的判断依据。也就是说，我们可以在判断好物件的大小后，分别驱动 3 个辅助继电器来表示物件的大小，当物件到达第二段传感器后，根据这 3 个代表物件大小的传感器的灯

亮灭来对物件进行下一步处理。

接下去我们首先来做物件供给、传送和判断的控制程序，这部分基本上就是本讲所学过的，然后，我们来完成大、中、小物件的后续处理控制程序。

3.4.3　物件供给、传送和判断控制部分

首先我们来看第一段输送带部分的控制要求，当按钮 X020 按下时，要求供给一个物件，这个供给和以前的做法一样。我们写出下面的一行程序就完成了（见图 3-45）。对我们来说，只要让供给指令 Y000 接通，系统会随机给出大、中、小不同的物件。

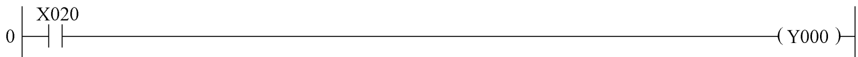


图 3-45　物件供给控制程序

第二步，我们来完成输送带的起动控制。根据控制要求，拨键 X024 拨到 ON 时，输送带起动，这里的输送带包括几个部分，分别由 Y001、Y002、Y004、Y005 进行驱动，因此我们使 X024 的常开触点来控制 Y001、Y002、Y004、Y005 线圈（见图 3-46）。

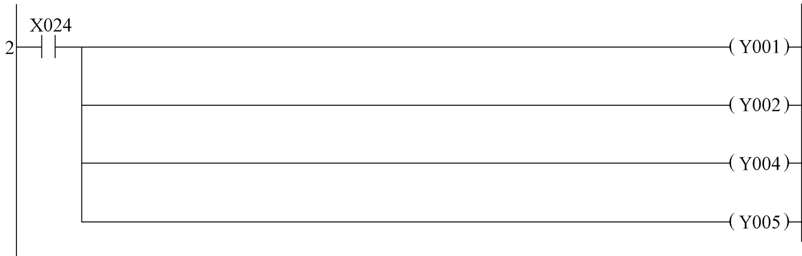


图 3-46　输送带的起动控制

完成了输送带部分的控制，我们可以把程序转换、下载到 PLC 中看一下，是不是能按照我们的预期来实现控制。完成这一步后，供给物件会随机供给一个物件，并且物件会随着输送带移动一段距离。

注意，很多同学在完成比较长的程序时会把程序完全编写完，然后再转换、下载到 PLC 中去进行调试。其实这是一种错误的作法，特别是对初学者来说更是不可取。因为程序越长，越容易出现错误，当程序全部完成后，调试中发现不能按照要求实现控制时，就比较难找出错误。而且程序还会前后相互影响，有很多时候会出现越改问题越多、越严重的状况，这种情况下，不少初学者就会灰心甚至放弃。

那怎样的调试习惯是良好的呢？就是在完成了一小段功能相对完整的程序后，就立即转换并下载到 PLC 中去。既然一个难的控制任务是由多个简单的控制任务组成的，我们分别攻克这几个小问题也就攻克了整个问题。因此，每完成一个小的控制任务就下载并调试好，就能保证前面的程序都正确，如果再编写一小段程序后出错了，那么错误就出在后来编写的那一小段程序中，这样就容易找出错误。

然后，我们再来完成大、中、小物件的判断和分拣控制程序。大、中、小物件的判断我们在前面详细说明过，这里就不重复了，图 3-47 所示是对物件大小的判断，这里没有物件大小的指示灯，因此我们把物件的大小信息存放在辅助继电器的状态中，大物件 M1 被置 1，

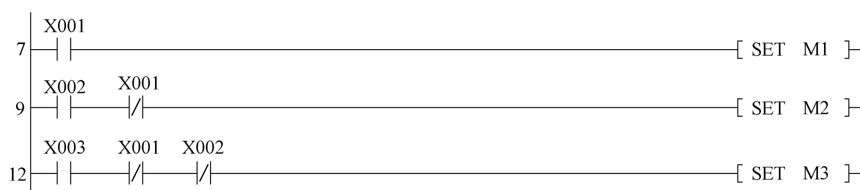


图 3-47 大中小物件的判断

中物件 M2 被置 1，而小物件 M3 被置 1。

M1、M2、M3 储存着本次工作周期中被处理物件的大小信息，为了不妨碍储存下一个工作周期中被处理物件的大小信息，我们必须在本工作周期结束或者下个工作周期开始时将 M1、M2、M3 的状态清零（复位）。这里我们选择采用在下一个周期开始的时候来清零，当我们再次按下 X020 即物件供给命令按钮时，对 M1、M2、M3 的状态清零。由于 M1、M2、M3 是编号连续的辅助继电器，因此我们可以使用 ZRST 指令，后面跟着几个继电器的首地址和末地址，使用 ZRST 指令可以简化程序（见图 3-48）。当然我们也可以采用三条 RST 指令来分别将 M1、M2、M3 的状态清零。

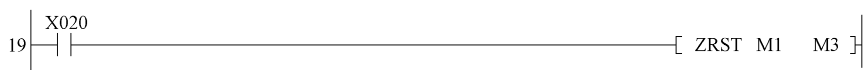


图 3-48 物件大小信息的清零

最后，我们完成分拣控制部分。根据控制要求，大物件和小物件通过分拣器的置 1 被分拣器分拣到后部输送带，中物件通过时分拣器不动而进入到前部输送带。因此，代表大物件和小物件的 M1 和 M3 的常开触点驱动分拣器 Y003。这里 Y003 使用的是输出线圈的驱动方式，当 M1 和 M3 复位时，Y003 也随之复位，但如果这里 Y003 也采用置位指令的话，则还需要使 Y3 的 RST 指令来令其复位（见图 3-49）。

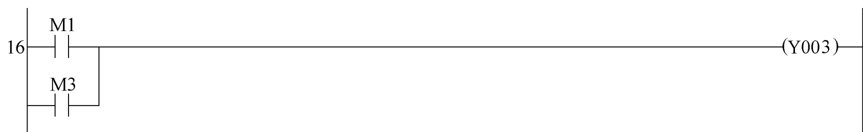


图 3-49 分拣控制

3.4.4 大、中、小物件的后续处理控制

下面我们来看大、中、小物件的后续处理控制部分。根据控制要求，大物件被放到后部输送带上后从右端落下；小物件也被放到后部输送带上，当传感器检测到小物件到达推出机构前时，后部输送带停下，推出机构将小物件推入到箱子中；中物件被放到前部输送带，被运送到输送带末端的桌面上时，将物件取出放入包装箱。

分析控制要求，难点在后部输送带，后部输送带有大、小两种不同的物件通过，处理方式不同，如没有做好会相互影响；而前部输送带只有一种物件通过，而且处理的方式相对简单。因此，我们首先来完成前部输送带的控制程序。

当本次处理周期出现的物件是中物件时，辅助继电器 M2 接通，当中物件被放到桌子上

时，传感器 X011 接通，因此可以用 M2 和 X011 的两个常开触点的串联来表示这两个条件同时被满足，驱动机械手取出指令 Y007，如图 3-50 所示。这里 Y007 只要被驱动，即使驱动的时间很短，也能完整地完成取出的动作，并且自动回到原点。因此这里虽然取出机械手把物件抓离桌面的时候，X011 常开触点就断开了，也就是说 Y007 已经断开了，Y007 只要出现过脉冲信号，机械手仍然能完成后续的动作。当然这里 M2 的常开触点可以去掉，因为前部输送带只有中物件会到这里，因此只要传感器 X011 动作，一定是中物件到达这里。



图 3-50　前部输送带控制程序

我们将程序下载至 PLC 运行，当出现中物件时，出现图 3-51 所示的机械手将物件放置到包装箱中的处理状况，说明中物件的处理完成了。

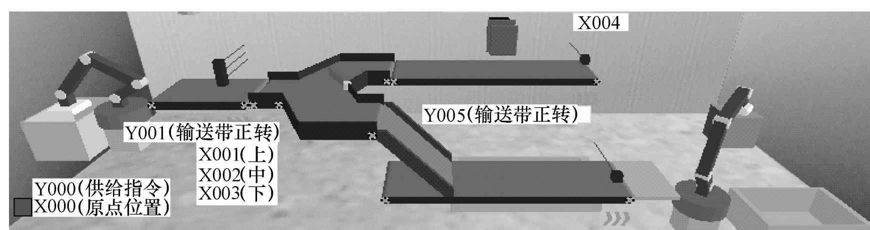


图 3-51　中物件处理

在完成后部输送带的时候，大物件的处理其实我们不需要做，它随着输送带被移动到最右端自然会从右端落下。那么，我们现在进入到相对有一定难度的小物件处理程序。小物件处理程序要注意，当小物件运行到推出机构前时，后部输送带需要暂停，如果不停下来的话，物件一边在向右移动一边被推出，肯定不能掉落到原先预期进入的箱子中。但又要保证大物件过来的时候输送带不能停，否则大物件就不能从右端滑落。

图 3-52 所示是小物件处理控制程序，当满足当前小物件时，辅助继电器 M3 接通，当传感器检测到物件在推出机构前时，X006 接通，因此 M3 和 X006 这两个常开触点串联，表明两个条件同时满足，这时就要对小物件进行处理了。小物件的处理包含两个方面：一方面是推出机构要动作；另一方面是输送带要停。因此这里我们又用了一个辅助继电器 M10 来表示小物件处理条件满足。M10 的常开触点驱动推出机构 Y006，另外输送带停的部分要回到上面我们已完成的输送带起动程序。

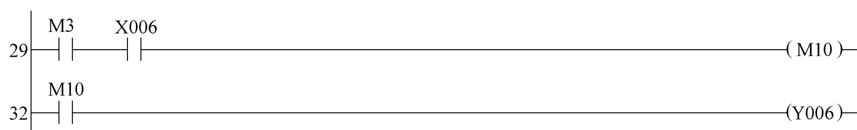


图 3-52　小物件处理控制程序

如果将 M10 的常闭触点串联到输送带 Y005 的线路中，也就是当小物件处理条件满足时，使得后部输送带 Y005 停止。

图 3-53 所示是小物件处理状况，输送带 Y005 停下，同时推出机构 Y006 将小物件推出。这里注意推出的过程中 Y006 应始终保持接通，否则推出机构就不能完整地完成全部推

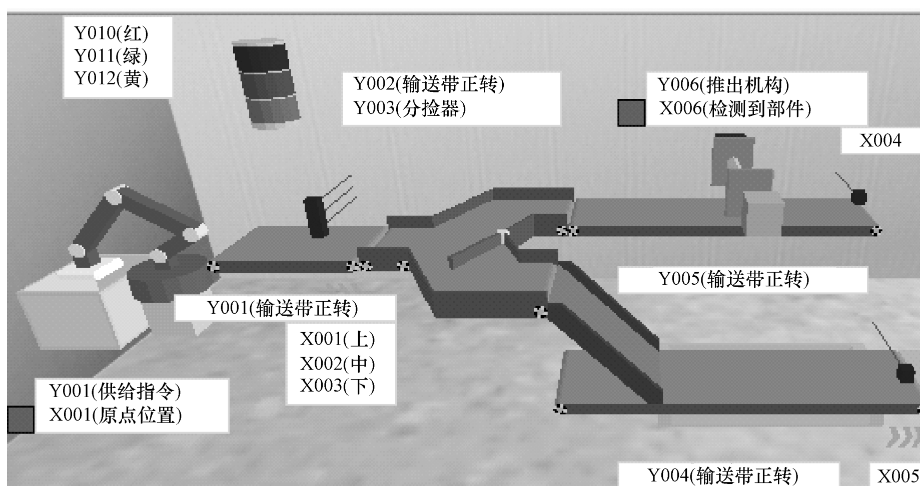


图 3-53 小物件处理状况

出及回原位的动作。

图 3-54 所示是大物件处理状况，当大物件被送至推出机构前时，推出机构没有动作，输送带也没有停，而是一直将大物件运送到输送带最右边，然后滑落。

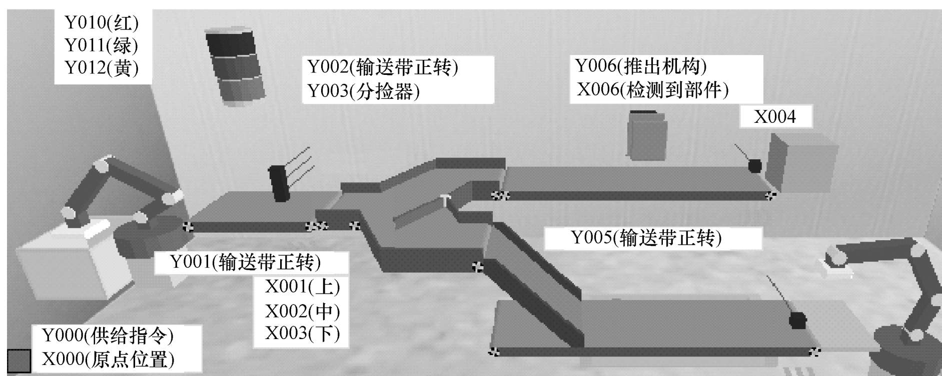


图 3-54 大物件处理状况

其实看最后完整的程序，也不复杂，而且如果一直跟着以上步骤模仿做下来，觉得整个过程也很简单。是的，正确的程序相对而言往往看起来清晰而简单，错误的程序反而看起来很复杂。这是因为编程的时候思路不清晰，程序结构复杂，反而容易出错，出错后，如果病急乱投医，瞎改程序，往往程序越改越复杂，就更不容易更正了。

这个程序大家如果自己独立做下来，还是有一定难度的。当然初学者在完成程序的时候有一定的偶然性，有的时候会出现第一次做很顺利，过了一段时间再做同一个程序，居然做不出来了。这是因为有些初学者基础学得不错，加上可以说比较有天资，外加一点运气成分，但编程的经验比较不足，更重要的是调试经验不足，导致第二次做的时候，因为出现了一些困难，无法通过调试来很好地解决。

因此，建议大家根据以上的步骤来做，不要直接编写程序，自己尽量做，出现错误再来看书本上的程序。思路是最重要的，我在教学中常发现一些同学题目要求都没有读完，才看

了一句就开始动手编程了。在动手编程之前，最好能把要求全部看一遍，做到心中有数，然后再根据前面的要求来完成一个个的控制任务。但每一个相对完整的控制任务都要经过思考，有了完整的思路再开始动手编程。出现问题时，注意力不要集中在把程序改成书本上的程序，而是思考一下，你的思路和书本上的思路区别在哪里。很多同学的目标就是做对，完成控制要求。当然，我们都想做对，你将来在工作中，完成了控制要求就有回报，没有完成控制要求，可能就没有回报。但对初学者来说，我们的目标不仅仅是要做对，我们的主要目标是学习编程思路和积累调试经验。我们刚才说过，当一个程序做对时，有的时候有运气的成分，也就是说，恰好这次做对了，但正因为做对了，就没有想过如果用其他的编法会出现什么问题，这样对自己的提高不大。因此，很多时候，有的初学者在一开始的时候经常犯错误，或者经常做不对，但他经过对这些错误的总结，不仅改正了自己的错误思路，而且积累了丰富的调试经验，在进一步提高的时候，他比那些开始每次都一次成功的初学者进步更快，而且能走得更远！

另外，同样一个控制要求，可以有很多种方法来完成。建议大家多试试用不同的方法来完成，这样不仅可以开阔思路，而且通过不同方法的比较，也是很好的积累编程经验的途径。

3.4.5　修改控制要求并实现输送带节能运行

如何利用有限的仿真环境来提高自己的编程水平呢？建议大家可以把控制要求更改一下，如果在一个仿真环境中，用 5 个不同的控制要求来完成，就有了五次练习的机会。

我们对原来的控制要求进行修改，刚才我们的控制要求是在系统启动的时候同时让几条输送带全部起动，其实这里的几条输送带是可以分别控制的，如果在输送带需要运行的时候再起动输送带，可以达到输送带节能的目的。

我们将控制要求修改为系统启动时，使用旋钮 X024 起动 Y001、Y002 输送带，当物件通过 Y001 输送带上判断大小的传感器时，输送带 Y004、Y005 再起动，并且在物件处理完毕后将输送带 Y004、Y005 停止。

根据新的控制要求，我们首先将原来的输送带 Y004、Y005 起动部分的程序删除。光标分别放在 Y004、Y005 所在行，使用菜单中编辑-行删除命令，将该行删除（见图 3-55）。



图 3-55　删除原输送带 Y004、Y005 起动程序

然后在分拣器驱动程序的前面插入空行（见图 3-56），以便编写新的输送带起动程序。这里的程序放在任何一个位置都可以，我们是根据动作的先后放在这里，以便于理解。

插入空行后，我们首先来编写输送带 Y004、Y005 起动程序。如果是要求只要有物件



图 3-56 插入空行以便编写新的输送带起动程序

来，不管大小，输送带 Y004、Y005 都起动，最简单的方法是用 X003 来驱动 Y004、Y005。这里介绍的是根据需要只起动 Y004 或 Y005，也就是根据物件的大小来驱动 Y004 或 Y005。因此，我们用大物件和小物件的标志 M1 和 M3 来驱动后部输送带 Y005，用 M2 来驱动前部输送带 Y004（见图 3-57）。完成后可以下载到 PLC 试一下，运行正常。

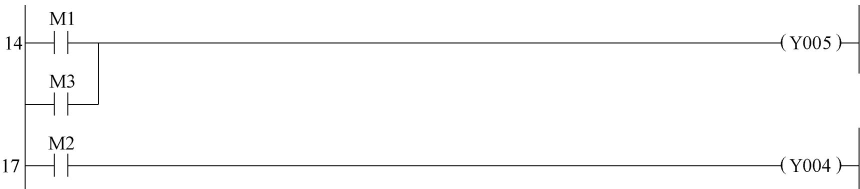


图 3-57 输送带 Y004、Y005 起动程序

完成起动后我们来做输送带的停止控制，这里前部输送带 Y004 的停止控制比较简单，当中物件通过传感器 X005 到达桌面上后输送带就可以停下来，因此只需要将 X005 的常闭触点串联在 Y004 的线路中即可（见图 3-58）。



图 3-58 输送带 Y004 的停止控制

后部输送带 Y005 的停止有两种情况：一种是大物件通过传感器 X004 后坠落，这时输送带应停下；另一种情况是小物件到达推出机构前面即传感器 X006 动作，输送带应停下。这两种情况任何一种发生输送带都会停，两个常闭触点是串联放置（见图 3-59）。要注意，因为两个常开触点任意一个动作驱动线圈，这两个常开触点应该是并联的，而这里两个常闭触点任意一个动作断开线圈，这两个常开触点则是串联的。这一点我们在前面的课程中讲过，“多个接通条件用常开并联，多个断开条件用常闭串联”。

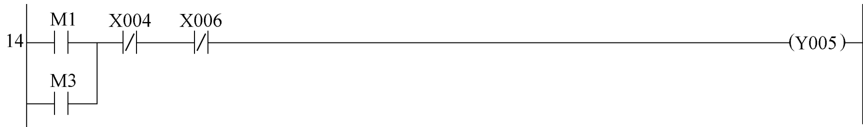


图 3-59 输送带 Y005 的停止控制

完成两个停止控制，下载到 PLC 中，出现了问题。当小物件处理完毕后，输送带 Y004 并没有停止，而是等到下一个物件供给的时候，输送带 Y004 才停下。我们在运行状态下观察 Y005 的控制程序，当小物件在推出机构前时，由于传感器 X006 动作，输送带确实停下了，因此小物件也能被正常推出，但在推出之后，由于小物件没有了，X006 复位，另 M3 信号也依然存在，因此传感器 Y005 又接通了（见图 3-60）。



图 3-60　输送带 Y005 的停止控制运行状况 1

大物件被运送到推出机构前时，输送带停住了，大物件被卡在输送带上，如图 3-61 所示。

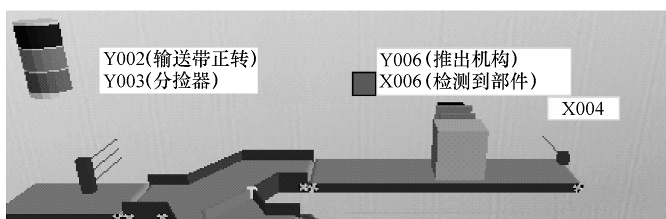


图 3-61　大物件被卡在输送带上

观察程序，大物件被运送到推出机构前时，由于传感器 X006 动作，导致输送带 Y005 线路断开，输送带停下，使得大物件不能被运送到最右端。输送带 Y005 的停止控制运行状况 2 如图 3-62 所示。



图 3-62　输送带 Y005 的停止控制运行状况 2

我们再看中物件，中物件被卡在输送带和桌面的中间，机械手也不能进行抓取动作（见图 3-63）。

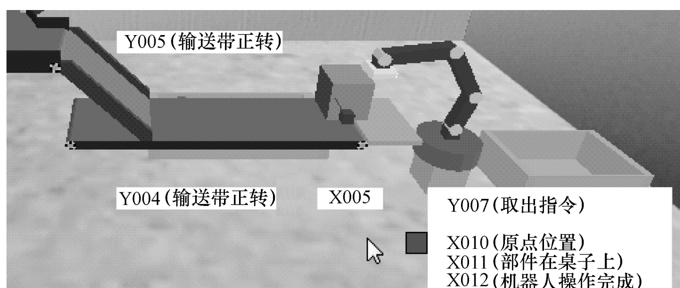


图 3-63　中物件被卡在输送带和桌面的中间

从运行中的程序状况来看，由于中物件在输送带和桌面的中间，所以传感器 X011 没有动作。那为什么中物件在输送带和桌面的中间呢？很显然这个时候输送带 Y004 已经停下来了，因为物件有一定的厚度，物件的前端一碰到传感器 X005 就使输送带停下了，使得物件没有被完全送到桌子上（见图 3-64）。

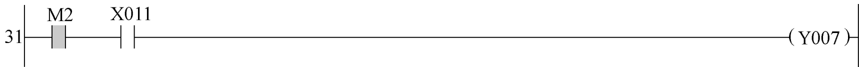


图 3-64　机械手不能抓取中物件程序的运行状况

其实真正在生产线上使用的程序很少有一次试运行成功的，一般都要经过调试的过程。接下来我们来学习调试程序，培养分析问题和解决问题的能力。

刚才我们已经说明了出现的问题并对问题的原因进行了分析。现在开始着手解决问题。

从后部输送带上大、小物件停止的条件不一样来看，大、小物件的停止条件最好能分开控制，否则会影响到大物件不能被输送到输送带的最右边。修改后完整的程序如图 3-65 所示。

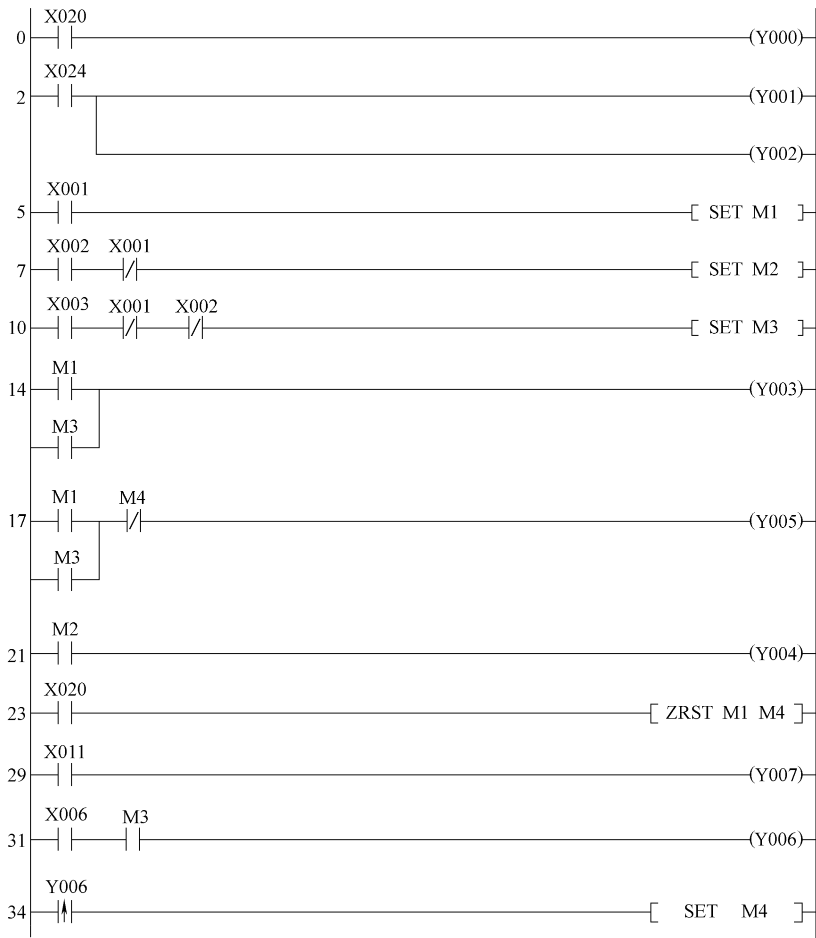


图 3-65　修改后完整的程序

这里在停止后部输送带的问题上增加了一个 M4，小部件在输送带上时，当推出机构一动作，M4 被置位，同时 M4 的触点将输送带停止。大部件在输送带上时，推出机构不动作，输送带也不停，直至 M1 和 M3 被复位，输送带才停。另外，区间复位指令的复位区间从 M1 ~ M3 增加至 M4，M4 也在这里被复位。

3.5 思考与练习

习题 3.1　请对 PLC 交通灯控制系统进行实际接线。

习题 3.2　按要求完成一个单方向信号灯的控制程序，绿灯时间 12s，黄灯 2s，红灯 15s。

习题 3.3　按要求完成一个单方向信号灯的控制程序，绿灯时间 15s，黄灯 2s，红灯 10s，绿灯在熄灭前闪动两下。

习题 3.4　按要求完成一个单方向的绿灯时间可调的信号灯控制程序，系统启动时进入普通状态，绿灯时间 12s，黄灯 2s，红灯 15s，当按下应急按钮，进入应急状态，绿灯时间 20s，黄灯 2s，红灯 7s。

习题 3.5　请设计输送带大小物件分拣系统的 PLC 硬件线路。

习题 3.6　完成三菱训练软件 FXTRN-BEG-C 中的 E-1 项目。

习题 3.7　完成三菱训练软件 FXTRN-BEG-C 中的 E-3 项目。

习题 3.8　完成三菱训练软件 FXTRN-BEG-C 中的 E-4 项目。

习题 3.9　完成三菱训练软件 FXTRN-BEG-C 中的 E-6 项目。

习题 3.10　请设计包装流水线控制系统的 PLC 接线图。

习题 3.11　请设计大、中、小物件分拣与处理系统的 PLC 硬件图。

习题 3.12　在 FX-TRN-BEG 软件中进入中级挑战 E-5 完成橘子包装生产线自动供给模式。具体要求如下：按下 X020，供给指令（Y000）变为 ON，机器人将箱子放在输送带上，输送带运行（Y001），当箱子到达装配设备下方时，传感器 X001 会变为 ON，这时需把输送带停止以便装配。同时启动橘子供给指令（Y002），当有 4 个橘子到箱子里时，橘子供给指令（Y002）停止，同时输送带运行，箱子被传送到 X005 时，自动将供给指令（Y000）变为 ON，下一个包装流程开始。

习题 3.13　在 FX-TRN-BEG 软件中进入中级挑战 E-5 完成橘子包装生产线手动供给模式。具体要求如下：按下 X020，供给指令（Y000）变为 ON，机器人将箱子放在输送带上，输送带运行，当箱子到达装配设备下方时，传感器 X001 会变为 ON，这时需把输送带停止以便装配。同时启动橘子供给指令（Y002），当有 4 个橘子到箱子里时，橘子供给指令（Y002）停止，同时输送带运行，箱子被传送到回收装置时，输送带停。当下一次按下 X020 时，自动将供给指令（Y000）变为 ON，下一个包装流程开始。但当前一个箱子流程还未结束时，X020 按下无效。

第 4 讲　SFC 指令与顺序控制

导读

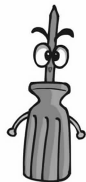
顺序功能图简称 SFC（Sequential Function Chart），这种编程方式受到不少工程人员的喜爱，特别是在顺序控制程序设计方面因其编程思路简单，稳定性好，有着独特的优势。对初学者来说，这种编程方式也能将一些用梯形图逻辑编写的有一定困难的程序变得很简单。本讲主要对顺序功能图的编写和程序输入进行全面的讲解，列出了单流程结构的编程方法和多流程结构的编程方法，并以大小球分类选择性传送和按钮式人行横道指示灯为例进行实际编程应用。



应知

- 了解 SFC 编程的优点
- 掌握 SFC 的三要素
- 掌握 SFC 的编写格式和要求

- 能使用 SFC 完成顺序控制程序的编写
- 能在三菱编程软件中输入 SFC 程序
- 能根据工程实际编写 SFC 程序



应会

4.1　顺序控制设计初步

4.1.1　顺序控制设计法概述

SFC 是一种新颖、按工艺流程图进行编程的图形化编程语言，也是一种符合国际电工委员会（IEC）标准，被首选推荐用于 PLC 的通用编程语言，在 PLC 应用领域中应用广泛并得到了推广。

采用 SFC 进行 PLC 应用编程的优点是：

1）在程序中可以直观地看到设备的动作顺序。SFC 程序是按照设备（或工艺）的动作顺序而编写，所以程序的规律性较强，容易读懂，具有一定的可视性。

2）在设备发生故障时能很容易地找出故障所在的位置。

3）不需要复杂的互锁电路，便于设计和系统维护。

根据国际电工委员会标准，SFC 的标准结构是：步 + 该步工序中的动作或命令 + 有向连接 + 转换和转换条件 = SFC，状态转移图如图 4-1 所示。

SFC 程序的运行规则是：从初始步开始执行，当每步的转换条件成立，就由当前步转为执行下一步，在遇到 END 时结束所有步的运行。

我们看到 SFC 最核心的部分就是步、转换条件和转移方向，这三者被称为 SFC 的三要素。

步是系统所处的阶段（状态），根据输出量的状态变化划分。任何一步内，各个输出量状态保持不变，同时相邻的两步输出量总的状态是不同的。

转移条件则是触发状态变化的条件，通常包括外部输入信号、内部编程原件触点信号、多个信号的逻辑组合等。

图 4-2 所示是步与转移条件的示意。

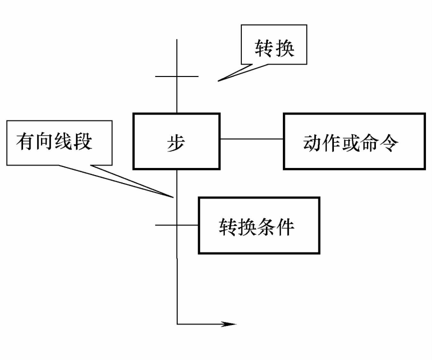


图 4-1　状态转移图

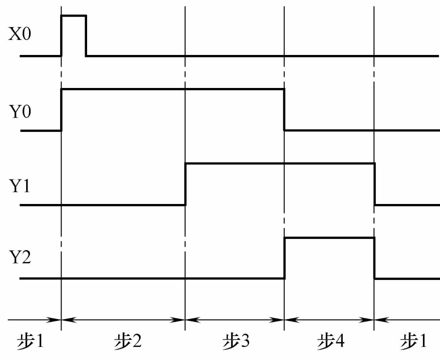


图 4-2　步与转移条件

4.1.2　顺序控制设计法举例

图 4-3 所示的是物件在输送带上移动的示意图。控制要求是物件从所示位置出发，输送带正转带动物件移动到右限位置，当物件碰到右限传感器时，输送带改变运行方向，输送带

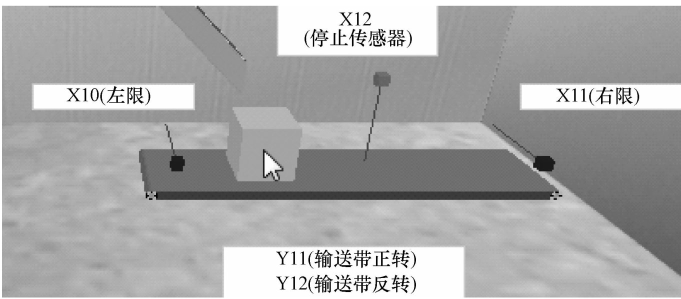


图 4-3　物件在输送带上移动的示意图

反转带动物件到达左限位置，停留在左限位置 3s，3s 后输送带正转物件又再次向右移动，到达输送带中间停止传感器处停下。

这个例子是 FXTRN 软件中 E-6 的要求，可以自己使用梯形图编程的方法来完成这个要求。由于物件前两次在输送带上移动经过停止传感器时都没有停下，而最后一次经过停止传感器时停下，因此用梯形图编程有一定的难度。

这个例子是典型的顺序控制，很容易用顺序控制法编程，而且刚才提到的同样是经过停止传感器却有不同操作的问题在顺序控制编程中却不是难题，为什么呢？等下我们编好程序就知道了。

使用顺序控制法编程将这个控制要求分为几个工作状态（步），从一个工作状态（步）到另一个工作状态（步）通过满足转换条件来实现转移，即按照图 4-1 所示的状态图来实现这里的控制要求。

我们设置一个启动按钮，给它分配一个输入点为 X0，其他 I/O 分配按图 4-2 所示。图 4-4 左边是按照状态转移法的设计思路绘制的状态转移图，再将这个图按照 I/O 分配加入具体的元件，就成了右边的 SFC。

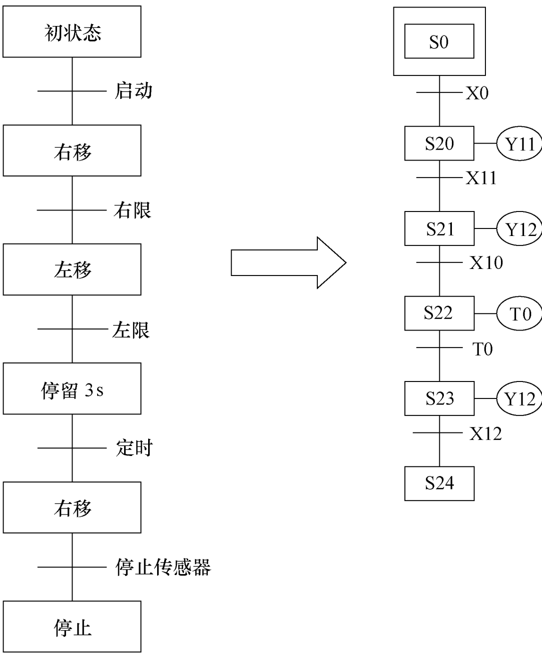


图 4-4　状态转移设计思路到 SFC 的实现

这里 S 是状态寄存器，专门用于 SFC 的编制，不用于状态存储时，也可以当做普通辅助寄存器使用。

FX2N 系列 PLC 状态元件的分类及编号见表 4-1。

每个状态后面的输出线圈即为当进入该状态时要驱动的线圈，每个时刻只有一个状态称为工作状态，这时该状态所带的线圈得电动作。在该例子中每个状态仅带了一个输出线圈，其实每个状态可以多个线圈并联。

SFC 还有一个特点是不同状态可以输出同一个线圈。这也很好地解决了我们在梯形图编程时要避免出现的线圈多次输出的问题。

表 4-1 FX2N 系列 PLC 状态元件的分类及编号

类别	元件编号	点数	用途及特点
初始状态	S0 ~ S9	10	用于状态转移图的初始状态
返回原点	S10 ~ S19	10	多运行模式控制当中，用作返回原点的状态
一般状态	S20 ~ S499	480	用作状态转移图的中间状态
掉电保持状态	S500 ~ S899	400	具有停电保持功能，用于停电恢复后需继续执行停电前状态的场合
信号报警状态	S900 ~ S999	100	用作报警元件使用

这样我们的物件移动程序就编写完成了。大家可能会问，这就编写好了吗？这样的图形可以写到 PLC 里面去吗？PLC 是不能接受图形的，我们可以将图 4-4 右边的 SFC 输入到编程软件中去，编程软件会将其自动转换为对应的梯形图，当然梯形图再经过转换成为助记符语言最终下载到 PLC 中。

4.2 SFC 指令及其编程方法

4.2.1 单流程结构编程方法

现在大多 PLC 制造厂商都为自己的工控产品提供了相关的编程软件，以便利用计算机实现在线编程。三菱公司提供的编程软件 GX Developer 就提供了 SFC 编程方法，但由于相关书籍和学习资料跟不上，致使很多初学者不知道如何用该软件进行 SFC 编程，这给广大初学者学习 PLC 应用编程带来了不便。

单流程结构是顺序控制中最常见的一种流程结构，其结构特点是程序顺着工序步，步步为序的向后执行，中间没有任何的分支。掌握了单流程 SFC 编程方法，也就是迈进了 SFC 大门。这里以“双灯自动闪烁信号生成”为例，讲解 SFC 编程。

【实例 1】 双灯自动闪烁信号生成。要求：在 PLC 上电后，其输出 Y0 和 Y1 各以 1s 的时间间隔，周期交替闪烁。

在 GX Developer 中，一个完整的 SFC 程序是由初始状态、有向线段、转移条件和转移方向等内容组成的。根据三菱 PLC 规定，SFC 程序主要由初始状态、通用状态、返回状态等几种状态构成，但在编程中，这几个状态的编写方式不一样，因此需要引起注意。梯形图和指令表如图 4-5 所示。



图 4-5 梯形图和指令表

1）启动 GX Develop 编程软件，单击“工程”菜单，点击创建新工程菜单项或点击新建工程按钮 ，如图 4-6 所示。



图 4-6　GX Develop 编程软件窗口

2）弹出的新工程对话框如图 4-7 所示，要对三菱系列的 CPU 和 PLC 进行选择，以符合对应系列的编程代码，否则容易出错。这里讲述的主要是三菱 FX2N 系列的 PLC，所以需在如下几个项目中进行选择和输入：

① 在 PLC 系列下拉列表中选择 FXCPU；

② 在 PLC 类型下拉列表中选择 FX2N（C）；

③ 在程序类型项中选择 SFC；

④ 在工程设置项中设置好工程名和保存路径。

完成上述项目后点击“确定”。

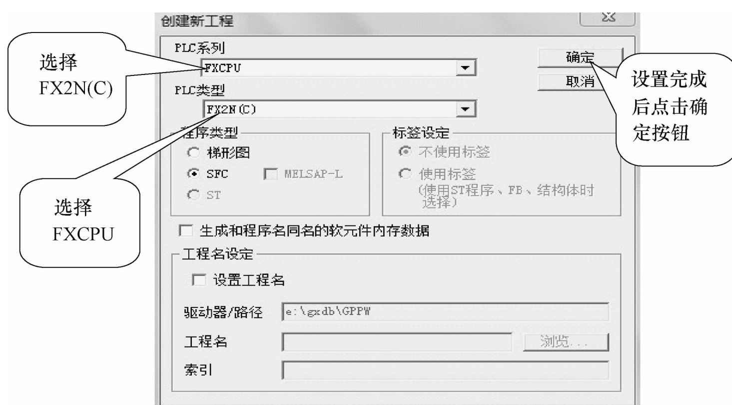


图 4-7　新工程对话框

3）完成上述工作后会弹出如图 4-8 所示的块列表窗口。

按图中所示，双击第 0 块。

4）双击第 0 块或其他块后，会弹出块信息设置对话框如图 4-9 所示。

这里，是对块类型进行选择的窗口，有两个选择：SFC 块和梯形图块。

在编程理论中我们学到，SFC 程序由初始状态开始，故初始状态必须激活，而激活的通

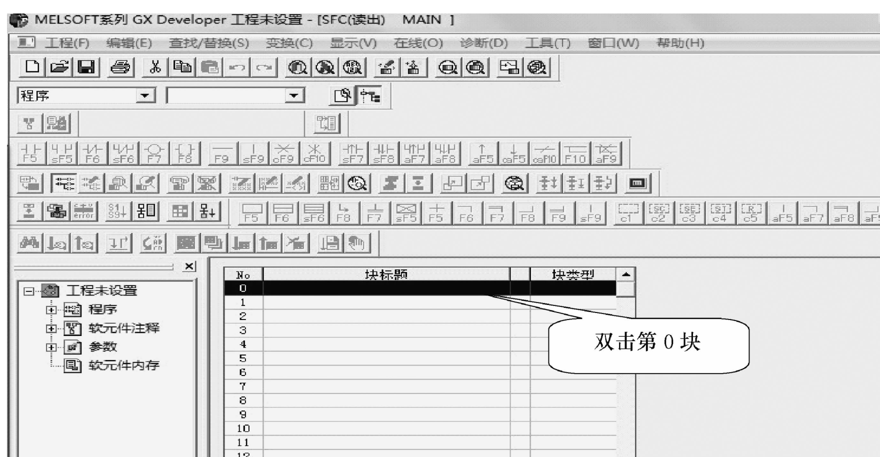


图4-8　块列表窗口

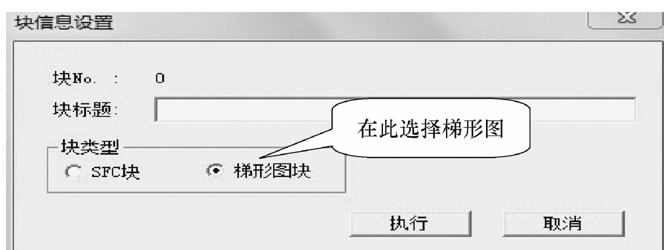


图4-9　块信息设置对话框

用方法是利用一段梯形图程序，且这一段梯形图程序必须放在SFC程序的开头部分。同理，在以后的SFC编程中，初始状态的激活都需由放在SFC程序的第一部分（即第一块）的一段梯形图程序来执行，这是需要注意的一点。所以，在这里应点击梯形图块，在块标题栏中填写该块的说明标题，也可以不填。

5）点击“执行”弹出梯形图编辑窗口，在右边梯形图编辑窗口中输入启动初始状态的梯形图。

在编程中曾学到，初始状态的激活一般采用辅助继电器M8002来完成，也可以采用其他触点方式来完成，这只需要在它们之间建立一个并联电路就可以实现。本例中我们利用PLC的辅助继电器M8002的上电脉冲使初始状态生效。

在梯形图编辑窗口中单击第0行输入初始化梯形图，输入完成单击“变换”菜单选择“变换”项或按“F4”键完成梯形图的变换。梯形图编辑窗口如图4-10、图4-11所示，梯形图输入完毕窗口如图4-12所示。

需注意，在SFC程序的编制过程中每一个状态中的梯形图编制完成后必须进行变换，才能进行下一步工作，否则弹出出错信息如图4-13所示。

6）在完成了程序的第一块（梯形图块）编辑以后，双击工程数据列表窗口中的“程序”\“MAIN”，返回块列表窗口。双击第一块，在弹出的块信息设置对话框中块类型一栏中选择SFC如图4-14所示。在块标题中可以填入相应的标题或什么也不填，点击执行按钮，弹出SFC程序编辑窗口如图4-15所示。在SFC程序编辑窗口中光标变成空心矩形。

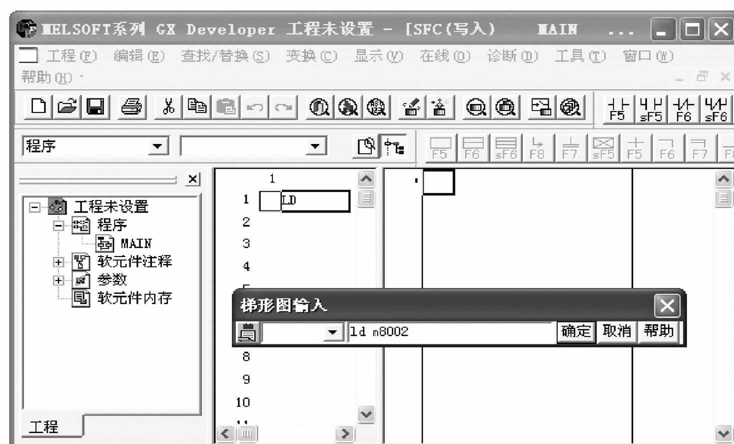


图 4-10 梯形图编辑窗口（一）



图 4-11 梯形图编辑窗口（二）

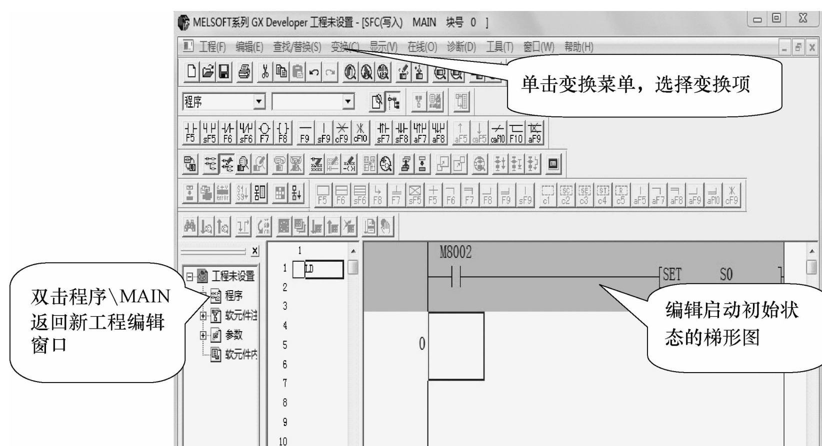


图 4-12 梯形图输入完毕窗口



图 4-13　出错信息



图 4-14　块信息设置

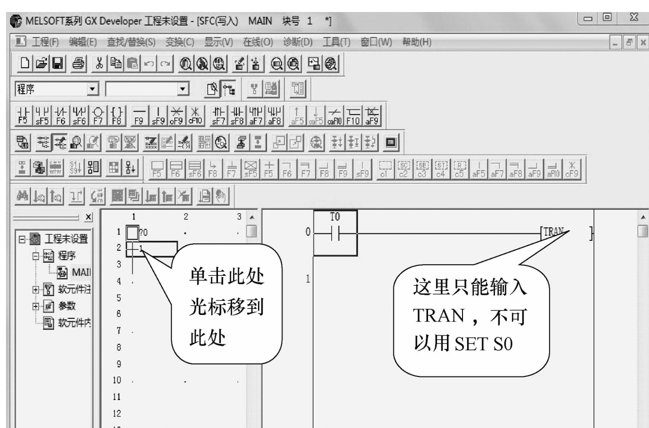


图 4-15　SFC 程序编辑窗口

7）转换条件的编辑。

SFC 程序中的每一个状态或转移条件都是以 SFC 符号的形式出现在程序中，每一种 SFC 符号都对应有图标和图标号，现在输入使状态发生转移的条件。

在 SFC 程序编辑窗口将光标移到第一个转移条件符号处（见图 4-15 标注）并单击，在右侧将出现梯形图编辑窗口，在此输入使状态转移的梯形图。从图 4-15 中可以看出，T0 触点驱动的不是线圈，而是 TRAN 符号，意思是表示转移（Transfer），这一点提请注意。在 SFC 程序中，所有的转移都用 TRAN 表示，不可以用 SET + S□语句表示，否则将告知出错。

对转换条件梯形图的编辑，可按 PLC 编程的要求，按上面的叙述自己完成。需注意的是，每编辑完一个条件后应按“F4”键转换，转换后梯形图由原来的灰色变成亮白色，完成转换后再看 SFC 程序编辑窗口中 1 前面的问号（?）会消失。

8）通用状态的编辑。

在左侧的 SFC 程序编辑窗口中把光标下移到方向线底端，按工具栏中的工具按钮　或

单击“F5”键弹出步序输入设置对话框如图 4-16 所示。



图 4-16　步序输入设置对话框

输入步序标号后点击确定，这时光标将自动向下移动，此时，可看到步序图标号前面有一个问号（?），这表明此步现在还没进行梯形图编辑，同时右边的梯形图编辑窗口呈现为灰色也表明为不可编辑状态。还没有编辑的状态步如图 4-17 所示。

下面对通用工序步进行梯形图编程。将光标移到步序号处，在步符号上单击后右边的窗口将变成可编辑状态，现在，可在此梯形图编辑窗口中输入梯形图。需注意，此处的梯形图是指程序运行到此工序步时所要驱动哪些输出线圈。在本例中，现在所要获得的通用工序步 20 是驱动输出线圈 Y0 以及 T0 线圈。



图 4-17　还没有编辑的状态步

用相同的方法把控制系统一个周期内所有的通用状态编辑完毕。需要说明的是，在这个编辑过程中，每编辑完一个通用步后，不需要再操作“程序”\“MAIN”而返回到块列表窗口（见图 4-8），再次执行块列表编辑，而是在一个初始状态下，直接进行 SFC 图形编辑。

9）系统循环或周期性的工作编辑。

SFC 程序在执行过程中，无一例外的会出现返回或跳转的编辑问题，这是执行周期性的循环所必需的。要在 SFC 程序中出现跳转符号，需用　　或 JUMP 指令加目标号进行设计。

现在进行返回初始状态编辑，跳转符号输入如图 4-18 所示。输入方法是：把光标移到方向线的最下端，按“F8”键或者点击　　按钮，在弹出的对话框中填入要跳转到的目的地步序号，然后单击“确定”按钮。

说明：如果在程序中有选择分支也要用 JUMP +“标号”来表示。

当输入完跳转符号后，在 SFC 编辑窗口中将会看到，在有跳转返回指向的步序符号方



图 4-18　跳转符号输入

框图中多出一个小黑点儿，这说明此工序步是跳转返回的目标步，这为我们阅读 SFC 程序也提供了方便。完整的 SFC 程序如图 4-19 所示。

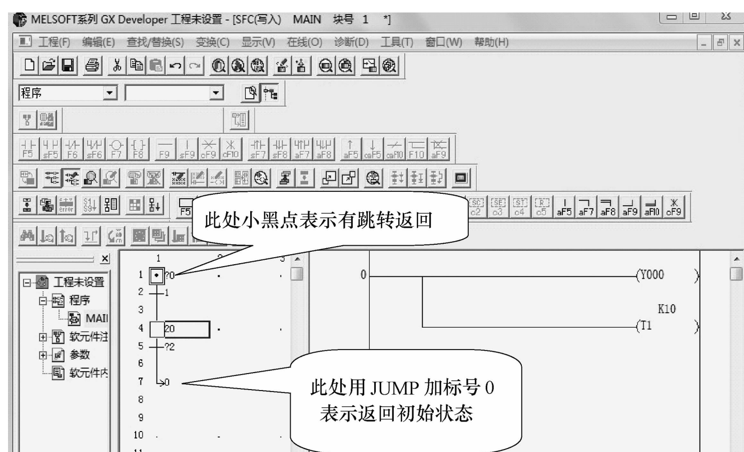


图 4-19　完整的 SFC 程序

10）程序变换。

当所有 SFC 程序编辑完后，可点击变换按钮　进行 SFC 程序的变换（编译），如果在变换时弹出了块信息设置对话框，可不用理会，直接点击执行按钮即可。经过变换后的程序如果成功，就可以进行仿真实验或写入 PLC 进行调试了。

如果想观看 SFC 程序所对应的顺序控制梯形图，可以这样操作：点击工程\编辑数据\改变程序类型，进行数据变换（见图 4-20a）。改变数据类型后，可以看到由 SFC 程序变换成的梯形图程序（见图 4-20b）。

4.2.2　多流程结构编程方法

多流程结构是指状态与状态间有多个工作流程的 SFC 程序。多个工作流程之间通过并联方式进行连接，而并联连接的流程又可以分为选择性分支、并行分支、选择性汇合、并行汇合等几种连接方式。

【实例 2】 某专用钻床（见图 4-21）用来加工圆盘状零件均匀分布的 6 个孔。操作人员放好工件后，按下起动按钮 X0，Y0 变为 ON，工件被夹紧，夹紧后压力继电器 X1 为 ON，Y1 和 Y3 使两个钻头同时开始工作，钻到由限位开关 X2 和 X4 设定的深度时，Y2 和 Y4 使两个钻头同时上行，升到由限位开关 X3 和 X5 设定的起始位置时停止上行。两个都到位后，Y5 使工件旋转，旋转到位时，X6 为 ON，同时设定值为 3 的计数器 C0 的当前值加 1，旋转

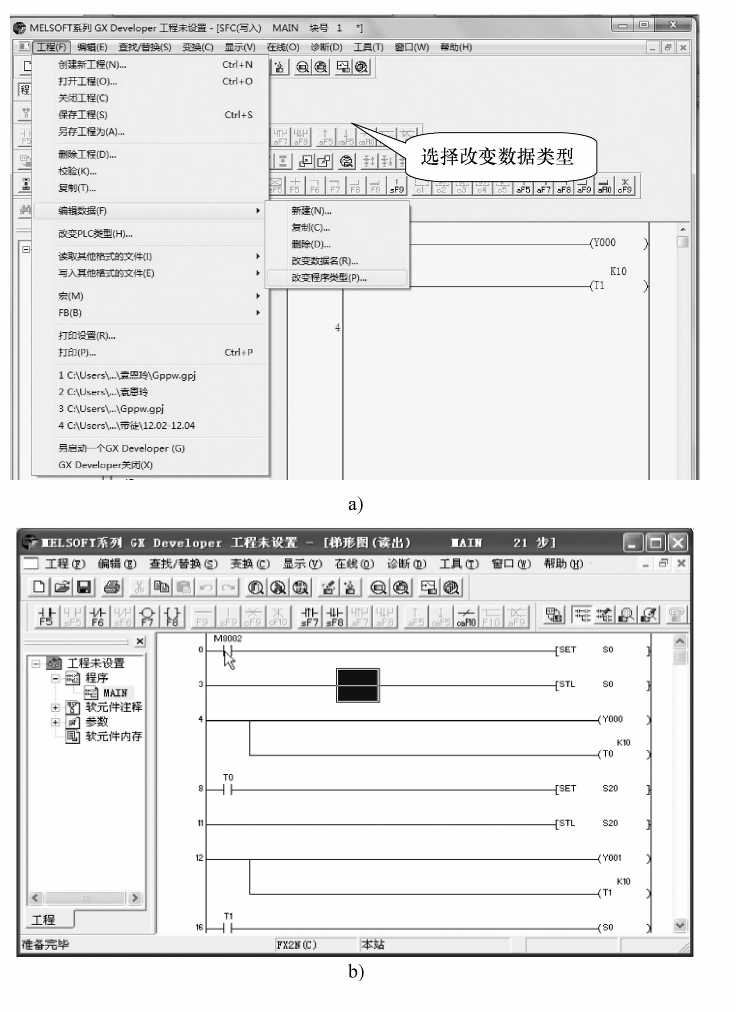


图 4-20 SFC 转换为梯形图
a）数据变换 b）变换后的梯形图程序

结束后，又开始钻第二对孔。3 对孔都钻完后，计数器的当前值等于设定值 3，Y6 使工件松开，松开到位时，限位开关 X7 为 ON，系统返回初始状态。

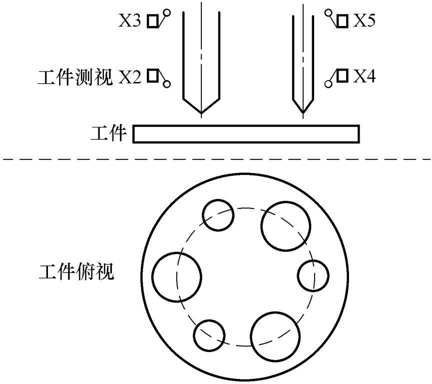


图 4-21 专用钻床

根据例题要求写出 I/O 清单见表 4-2。

顺序控制功能图如图 4-22 所示。

打开 GX developer 软件，设置方法同 4.2.1 节的单序列结构，在此不再赘述。本例中还是利用 M8002 作为启动脉冲，在程序的第一块输入梯形图，请参照单序列 SFC 程序输入方法。

本例中我们要求初始状态时要做工作，复位 C0 计数器，因此对初始状态我们做些处理，把光

表 4-2　I/O 清单

输　　入		输　　出	
启动按钮	X0	工件夹紧	Y0
压力继电器	X1	两钻头下行	Y1、Y3
两钻孔限位	X2、X4	两钻头上升	Y2、Y4
两个钻头原始位	X3、X5	工作台旋转	Y5
旋转限位	X6	工作台松开	Y6
工作松开限位	X7		



图 4-22　顺序控制功能图

标移到初始状态符号处，在右边窗口中输入程序（见图 4-23），接下来的状态转移程序输入与第一部分相同。程序运行到 X1 为 ON 时（压力继电器敞开触点闭合）要求两个钻头同时开始工作，程序开始分支。

接下来输入并行分支，控制要求 X1 触点接通状态发生转移，将光标移到条件 1 方向线的下方，单击工具栏中的并列分支写入按钮　或者按“ALT”+“F8”键，使并列分支写入按钮处于按下状态，在光标处按住鼠标左键横向拖动，直到出现一条细蓝线，松开鼠标，这样一条并列分支线就被输入（见图 4-24）。

注意：在用鼠标操作进行划线写入时，只有出现蓝色细线时才可以松开鼠标，否则输入失败。

并列分支线的输入也可以采用另一种方法输入，双击转移条件 1 弹出 SFC 符号输入对话框（见图 4-25）。

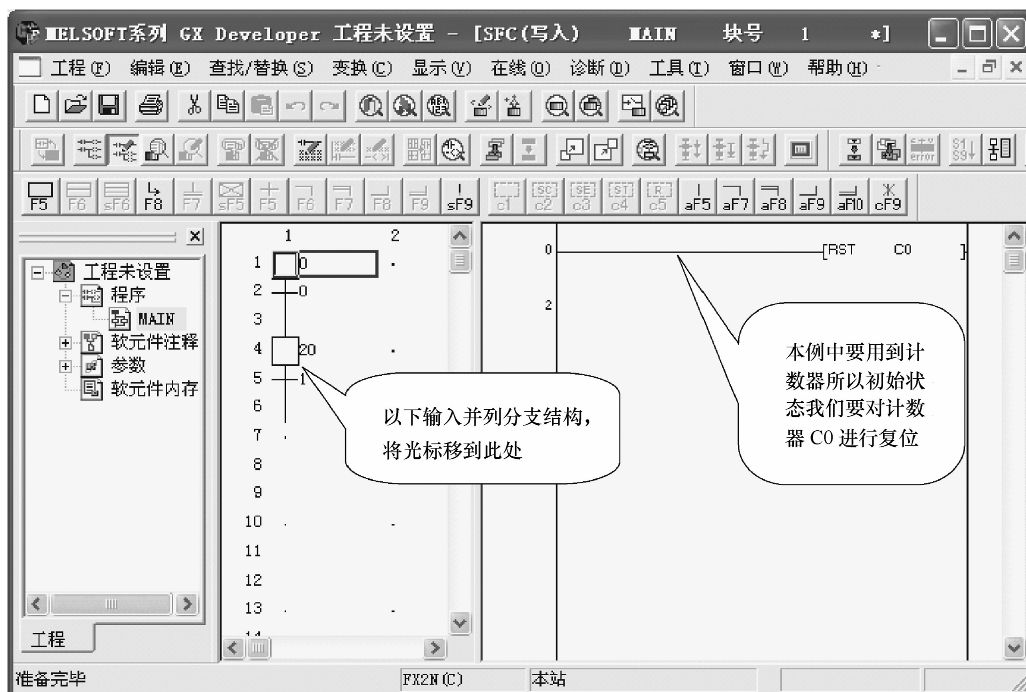


图 4-23　程序输入



图 4-24　并列分支线的输入方法一

在图标号下拉列表框中选择第三行“ ==D”项，单击“确定”按钮返回，一条并列分支线被输入。并列分支线输入后，如图 4-26 所示。

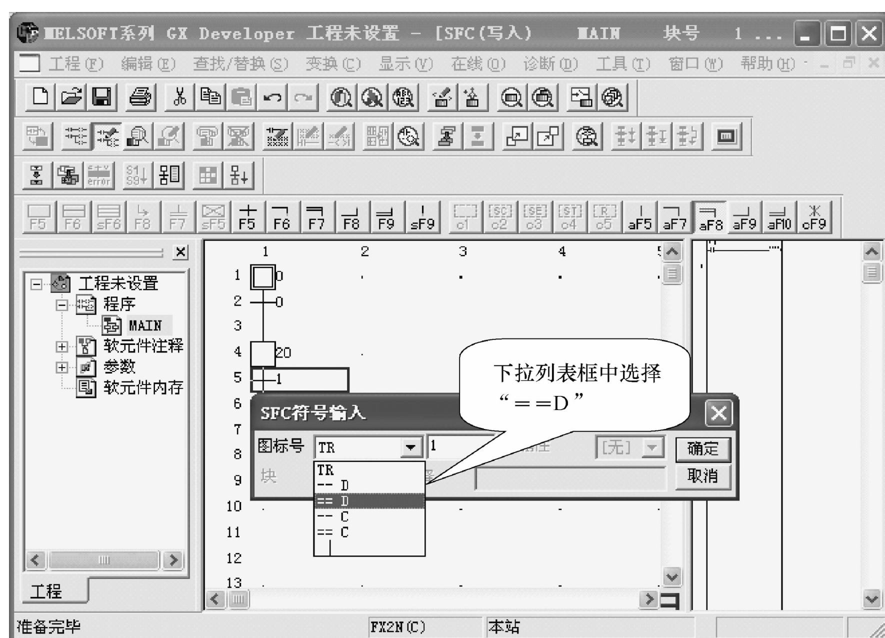


图 4-25　并列分支线的输入方法二

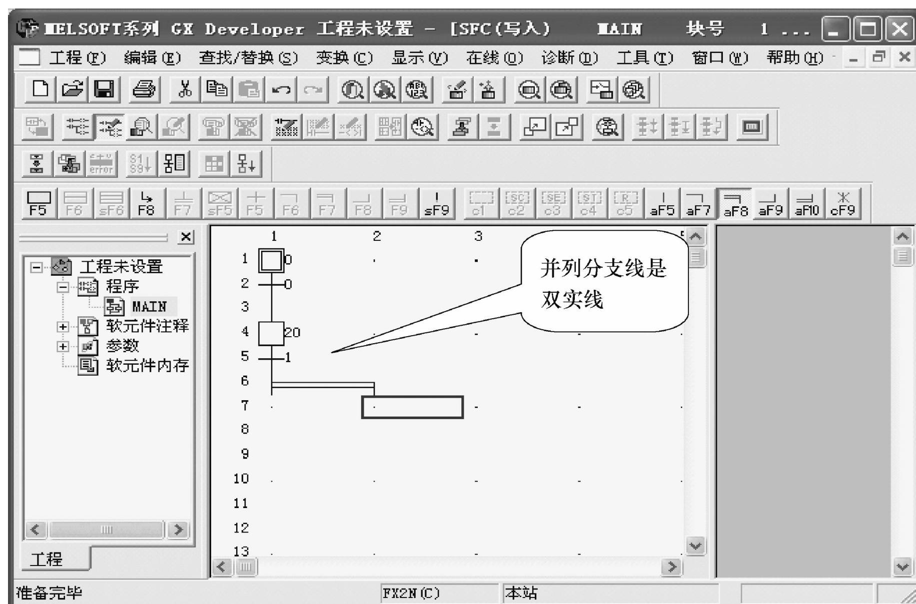


图 4-26　并列分支线输入后

利用第一部分所学知识，分别在两个分支下面输入各自的状态符号和转移条件符号（见图 4-27）。图中每条分支表示一个钻头的工作状态。

两个分支输入完成后要有分支汇合。将光标移到步符号 23 的下面，双击鼠标弹出 SFC 符号输入对话框选择“==C”项，单击“确定”按钮返回（见图 4-28）。

继续输入程序，当两条并列分支汇合完毕后，此时钻头已回到初始位置，接下来是工件

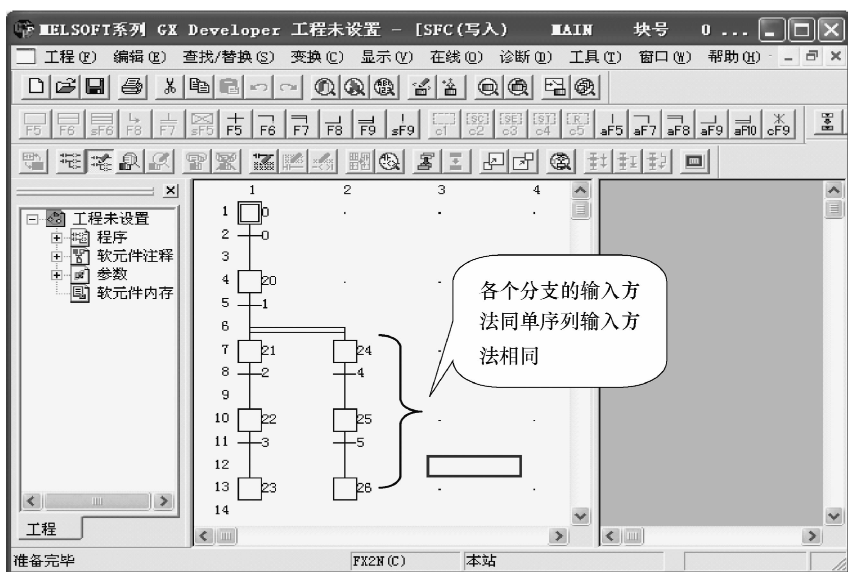


图 4-27　分支符号的输入

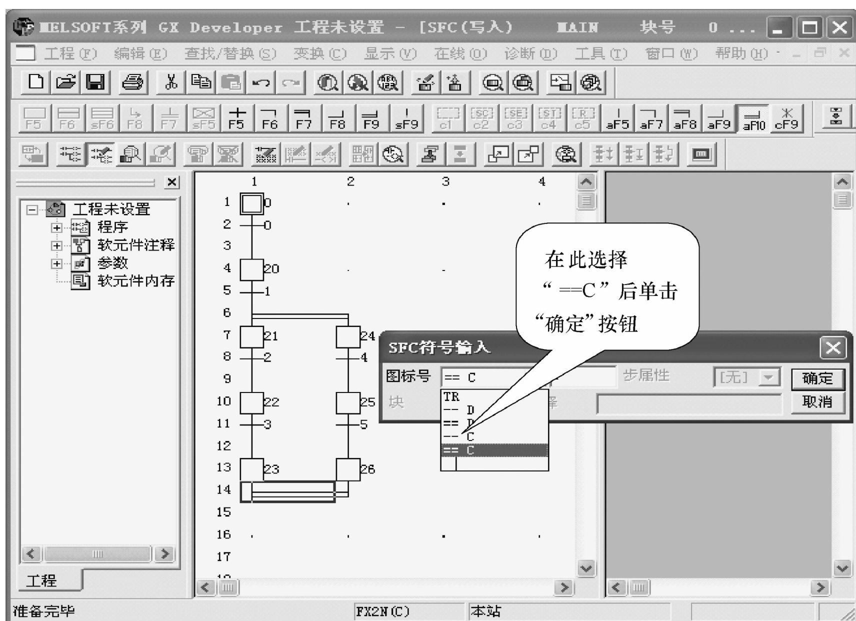


图 4-28　并行汇合符号的输入

旋转 60°，输入完成后程序又出现了选择分支。将光标移到步符号 27 的下端双击鼠标，弹出 SFC 符号输入对话框，在图标号下拉列表框中选择“--D”项，单击“确定”按钮返回 SFC 程序编辑区，这样一个选择分支被输入（见图 4-29）。如果利用鼠标操作输入选择分支符号，单击工具栏中的工具按钮　　或点击快捷键“ALT”+“F7”，此时选择分支划线写入按钮呈按下状态，把光标移到需要写入选择分支的地方按住鼠标左键并拖动鼠标，直到出现蓝色细线时放开鼠标，一条选择分支线写入完成。

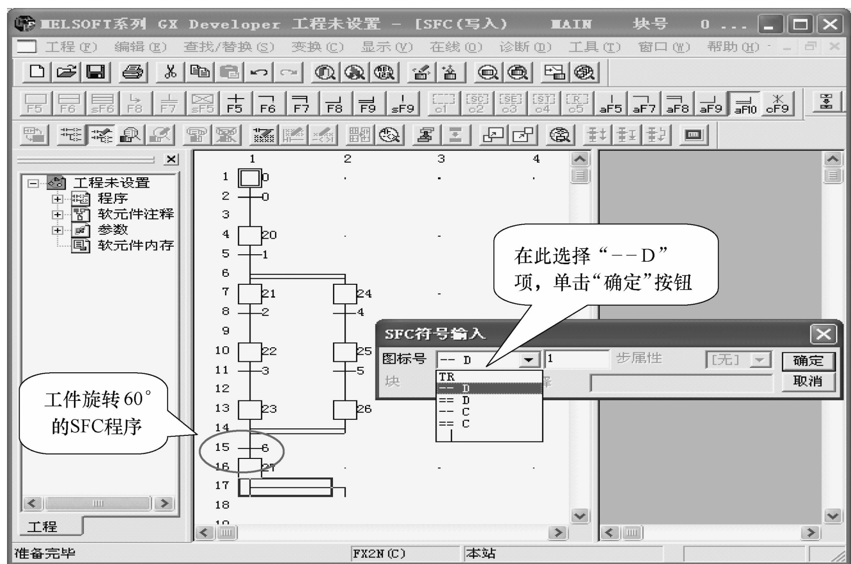


图4-29　选择分支符号的输入

继续输入程序，完整的程序如图4-30所示。在程序结尾处，我们看到本程序用到了两个JUMP　　符号，在SFC程序中状态的返回或跳转都用JUMP符号表示，因此在SFC程序中　　符号可以多次使用，只需在JUMP符号后面加目的标号即可达到返回或跳转的目的。

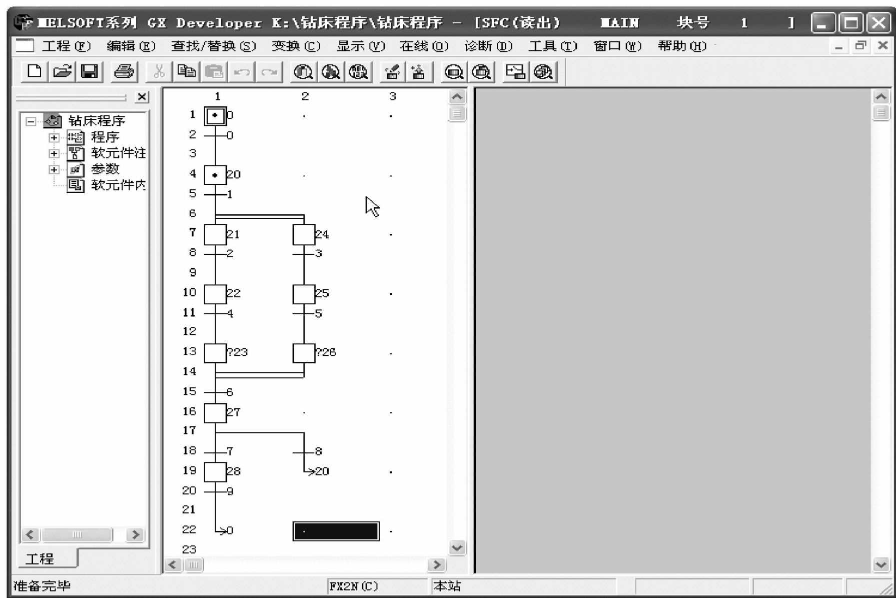


图4-30　完整的程序

以上我们完成了整个程序的输入。

如果在我们双击JUMP符号弹出的SFC符号输入对话框中，我们看到步属性下拉框处于激活状态而且两个选项分别是［无］和［R］，当我们选择［R］时，跳转符号由　　变为

，［R］表示复位操作，意思是复位目的标号处的状态继电器。利用［R］的复位作用我们可以在系统中增加暂停或急停等操作。输入对话框如图 4-31 所示。



图 4-31　输入对话框

4.3　步进指令编程的应用

4.3.1　大、小球分类选择性传送编程

【实例 3】　如图 4-32 所示为大小球分类分拣传送控制示意。

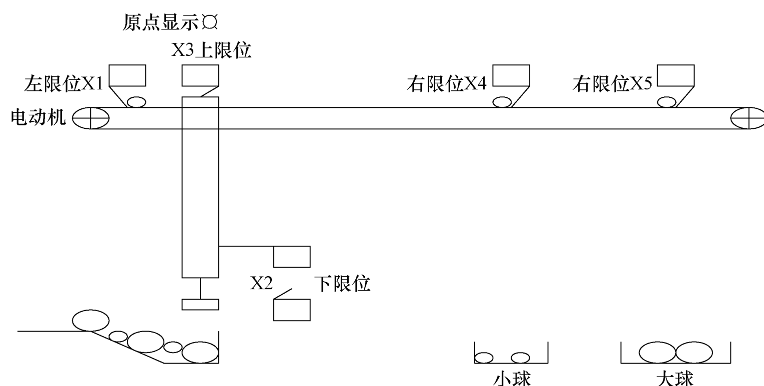


图 4-32　大小球分类分拣传送控制图

控制要求：

1）在原点才能启动。

2）动作顺序为下降、吸住球、上升、右行、下降、释放球、上升、左行、回原点。

3）机械手下降时当电磁铁压住大球，下限位开关不通，压住小球时下限位开关接通。

4）有手动复位功能。

（1）I/O 分配

X0—启动　　X1—左限位

X2—下限位　　X3—上限位

X4—小球限位　　X5—大球限位

X6—手动上升　　X7—手动左移

X10—机械手松开

Y0—下降　　Y1—抓球

Y2—上升　　Y3—右移

Y4—左移　　　Y7—零位显示

（2）状态转移图

图 4-33 所示为大小球分类选择传送 SFC。

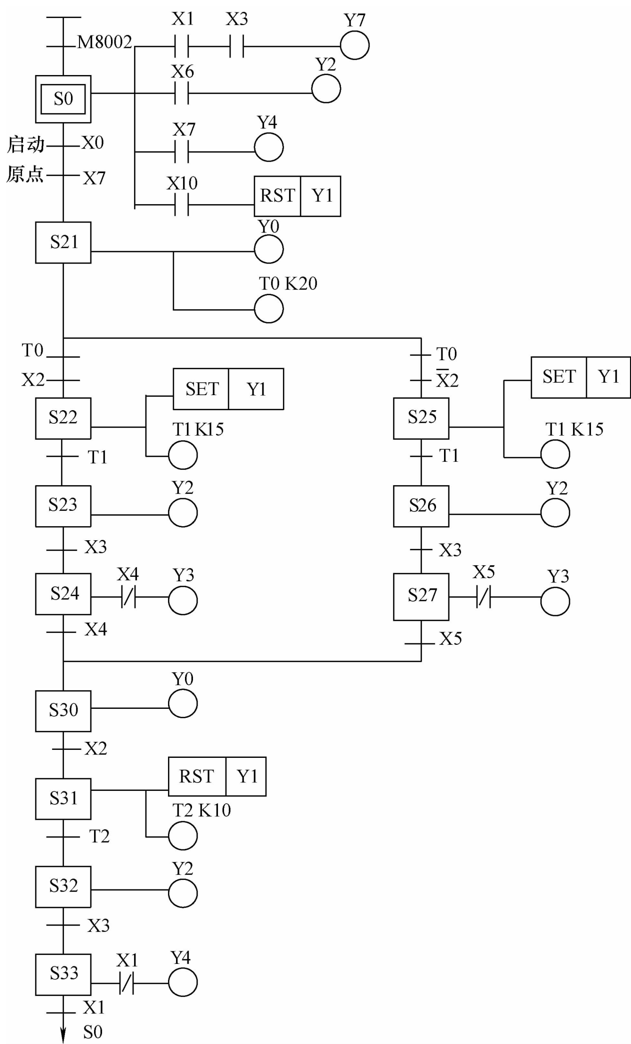


图 4-33　大小球分类选择传送 SFC

（3）编写程序

按状态转移图编写程序，输入 PLC 运行，经调试和修改后，使运行的程序符合控制要求。

4.3.2　按钮式人行横道指示灯

【实例 4】　按钮式人行横道指示灯示意图如图 4-34 所示，按 X0 或 X1，交通灯按以下控制要求的顺序进行变化（见图 4-35），如交通灯已进入运行，按钮将不起作用。

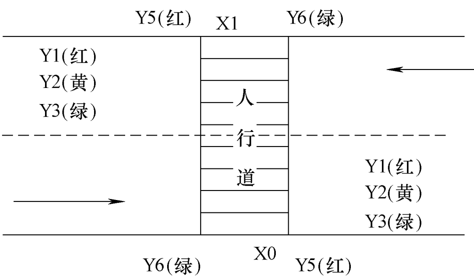


图 4-34　按钮式人行横道指示灯示意图



图 4-35　按钮式人行横道指示灯控制要求

（1） I/O 分配

X0—右边按钮　　X1—左边按钮　　Y1—车道红灯　　Y2—车道黄灯

Y3—车道绿灯　　Y5—人行道红灯　　Y6—人行道绿灯

（2） 控制功能顺序

1） PLC 从 STOP→RUN 时，初始状态 S0 动作，通常为车道为绿灯亮，人行道为红灯亮。

2）若按人行横道按钮 X0 或 X1，则状态 S21 为车道绿灯亮，S30 为人行道红灯亮，此时的状态不变化。

3）车道绿灯亮的时间 T0 为 30s，绿灯亮后车道变为黄灯亮的时间 T1 为 10s，黄灯后车

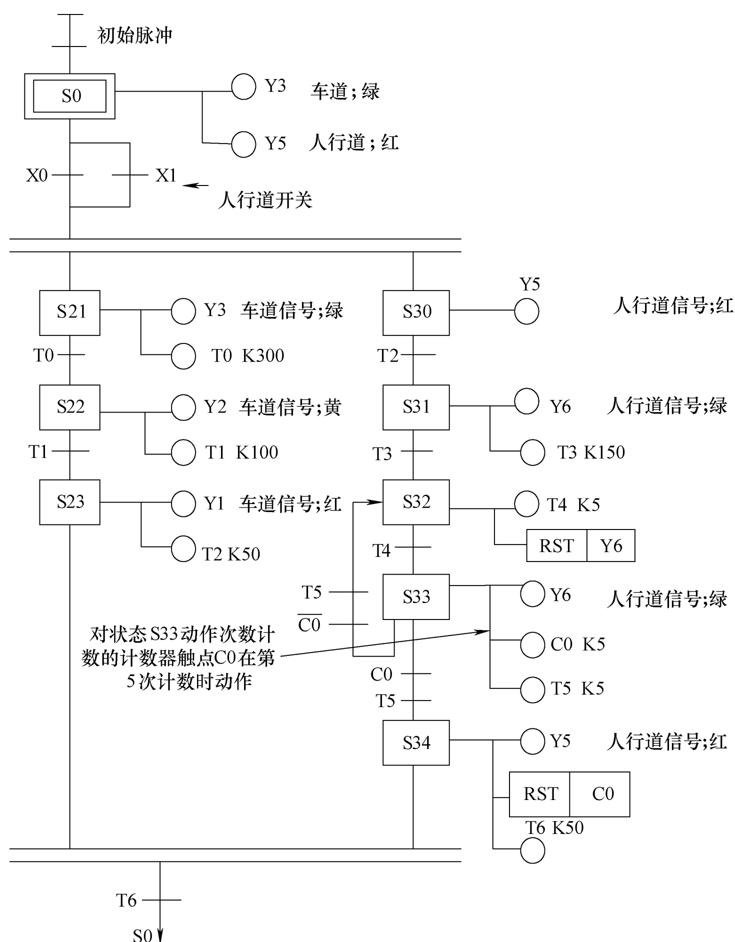


图 4-36　按钮式人行横道指示灯 SFC

道变为红灯亮。

4）车道红灯亮的时间 T2 为 5s，5s 后 T2 触点接通人行道绿灯亮。

5）人行道绿灯亮的时间 T3 为 15s，15s 后绿灯开始闪烁亮周期为 1s（S32 = 暗，S33 = 亮）。

6）闪烁中 S32、S33 反复进行动作，计数器 C0 设定值为 5 次，当满足条件后，状态向 S34 转移，人行道变为红灯 5s 后，返回初始状态。

7）在状态转移过程中，即使按动人行横道按钮 X0，X1 也无效。

（3）交通灯 SFC（见图 4-36）

4.4　思考与练习

习题 4.1　请使用 SFC 编程方法完成滑块在机械轴上的左右往返运动。滑块的左右运动通过一个电动机的正反转来完成；要求起动后，滑块从起始位置先向左滑动，到达左限位后，停 10s，后向右滑动，到达右限位后，停 10s，向左滑动，循环往复；当按下停止按钮，滑块停止。

习题 4.2　请使用 SFC 编程方法完成全自动工业洗衣机的控制。工作流程由进水、洗衣、排水和脱水 4 个环节组成。打开进水阀，当水位传感器检测水位到位时，关闭进水阀开始洗衣，洗衣时洗衣电动机正转 1min 后反转 1min，依次交替 10 次，后进入排水。打开排水阀后，等待水位传感器检测水排净后进入脱水过程。脱水过程电动机正转 5min 停 1min，后又正转 5min，结束排水过程，蜂鸣器鸣叫 1min 结束。

习题 4.3　冲床机械手的运动。在机械加工中经常使用冲床，某冲床机械手运动的示意如图 4-37 所示。初始状态时机械手在最左边（X4 = ON），冲头在最上面（X3 = ON），机械手松开（Y0 = OFF）。工作要求：按下启动按钮 X0，机械手夹紧，工件被夹紧并保持，2s 后机械手右行（Y1 被置位），直到碰到 X1 以后将顺序完成以下动作：冲头下行，冲头上行，机械手左行，机械手松开，延时 1s 后系统返回初始状态。

要求：1）写出 PLC 输入/输出分配表；2）画出状态转移图；3）编写步进梯形图和指令表程序。

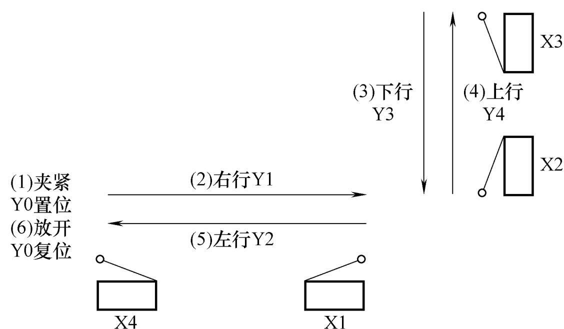


图 4-37　某冲床机械手运动的示意图

习题 4.4　有一小车运行过程如图 4-38 所示。小车原位在后退终端，当小车压下后限位开关 SQ1 时，按下启动按钮 SB1，小车前进，当运行至料斗下方时，前限位开关 SQ2 动作，此时打开料斗给小车加料，延时 8s 后关闭料斗，小车后退返回。SQ1 动作时，打开小车底门卸料，6s 后结束，完成一次动作。如此循环。按下停止按钮 SB2，所有驱动部件停止运行。要求：1）写出 PLC 输入/输出分配表；2）画出状态转移图；3）编写步进梯形图和指令表程序。

习题 4.5　试设计一条用 PLC 控制的自动装卸线。自动装卸线如图 4-39 所示。

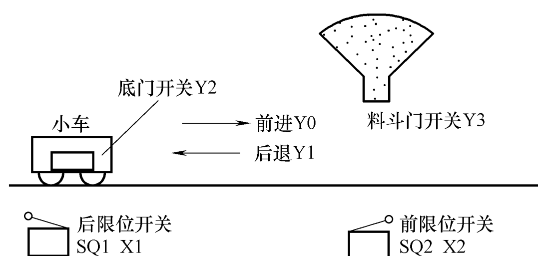


图4-38 小车运行过程示意图

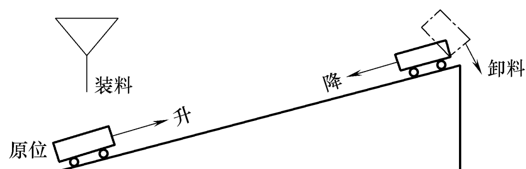


图4-39 自动装卸线

装卸线的操作过程是：

（1）料车在原位，显示原位状态；按启动按钮，自动线开始工作；

（2）加料定时5s，加料结束；

（3）延时1s，料车上升；

（4）上升到位，自动停止移动；

（5）延时1s，料车自动卸料；

（6）卸料10s，料斗复位并下降；

（7）下降到原位，料车自动停止移动。

设计要求：

（1）具有单步、单周及连续循环操作。

（2）分配PLC地址，绘出I/O分配表、状态转移图、步进梯形图和指令表程序。

第 5 讲　三菱 FX PLC 的模拟量控制

导读

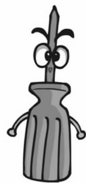
模拟量值是一个连续变化值，像电压、电流、温度、速度、压力、流量等。例如，压力是随着时间的变化而变化的。因为这个压力值不是直接作为 PLC 的输入，而是必须通过变换器把同压力值相对应的电压值（0 ~ 10V）或电流值（4 ~ 20mA）输入到 PLC 中。本讲主要介绍 FX2N 系列 PLC 的常见模拟量模块，包括 FX0N-3A、FX2N-2AD、FX2N-2DA、FX2N-4AD 和 FX2N-4DA 等。



应知

- PLC 模拟量模块的配置
- PLC 模拟量编程的指令
- FX2N 系列 PLC 的模拟量种类

- FX0N-3A 输入/输出模块的接线与编程
- FX2N-2AD/2DA 模拟量模块的接线与编程
- FX2N-4AD 模拟量输入模块的接线与编程
- FX2N-4DA 模拟量输出模块的接线与编程



应会

5.1 模拟量入门知识

5.1.1 PLC 处理模拟量的过程

在生产过程中，存在大量的物理量，如压力、温度、速度、旋转速度、pH 值、黏度等。为了实现自动控制，这些模拟信号都需要被 PLC 处理。图 5-1 所示为 PLC 处理模拟量的过程。

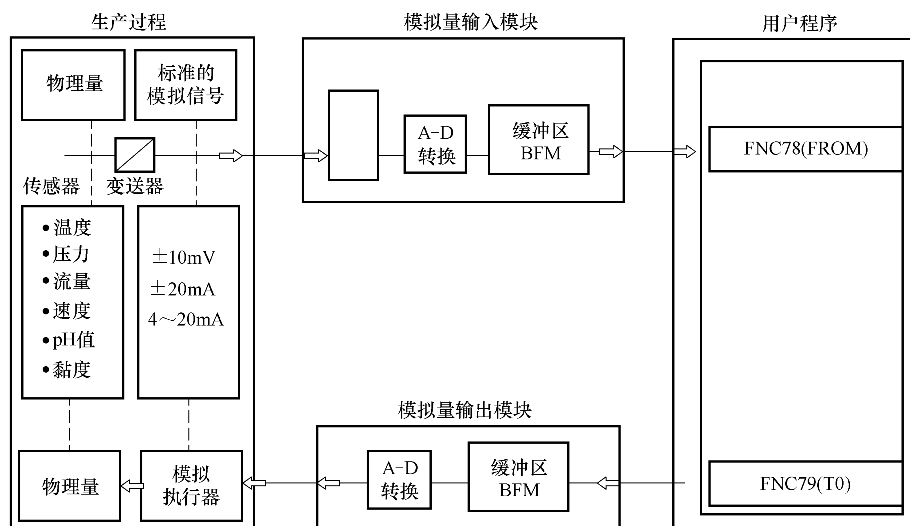


图 5-1 PLC 处理模拟量的过程

图 5-1 中，测量传感器利用线性膨胀、角度扭转或电导率变化等原理来测量物理量的变化。测量变送器将传感器检测到的变化量转换为标准的模拟信号，如 ±10V，±20mA，4～20mA，这些标准的模拟信号将接到模拟输入模块上。

由于 PLC 的 CPU 只能处理数字量信号，因此模拟输入模块中的 ADC（模数转换器）就是用来实现转换功能。模数转换是顺序执行的，也就是说每个模拟通道上的输入信号是轮流被转换的。模数转换（通过指令“FROM”）的结果存在结果存储器中，并一直保持到被一个新的转换值覆盖。

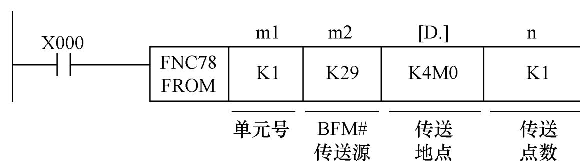
如果要进行模拟量输出，也可以使用“TO”指令向模拟输出模块中写模拟量的数值（由用户程序计算所得），该数值由模块中的 DAC（数模转换器）变换为标准的模拟信号。

5.1.2 FROM 与 TO 指令

模拟量扩展模块都是特殊功能模块，可用特殊功能模块读指令 FROM（FNC78）和特殊功能模块写指令 TO（FNC79）进行编程。

1. FROM 指令

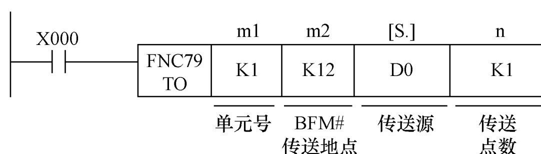
FROM 指令用于从特殊单元缓冲存储器（BFM）中读入数据。格式：



含义：将编号为 m1 的特殊单元模块内，从缓冲存储器（BFM）号为 m2 开始的 n 个数据读入基本单元，并存放在从［D.］开始的 n 个数据寄存器中。

2. TO 指令

TO 指令用于向特殊单元缓冲存储器（BFM）中写入数据。格式：



说明：

（1）m1：特殊功能模块的模块号码

模块号从基本单元最近的开始按 No. 0→No. 1→No. 2……顺序连接。

模块号用于以 FROM/TO 指令指定哪个模块工作。

（2）m2：缓冲存储器（BFM）号码

特殊功能模块中内藏了 32 点 16 位 RAM 存储器，即缓冲存储器。缓冲存储器号为#0 ~ #32766，其内容根据各模块的控制目的而设定。

（3）n：待传送数据的字数

5.2　FX0N-3A 模拟量模块

5.2.1　FX0N-3A 的技术规格与接线

1. 概述

FX0N-3A 是三菱公司的模拟量输入和输出模块（见图 5-2），它提供 8 位分辨率精度并提供 2 路模拟量输入（DC0 ~ 10V 或 AC4 ~ 20mA）通道和 1 路模拟量输出通道（DC0 ~ 10V 或 DC0 ~ 5V）。A/D 转换时间为 100μs，D/A 处理速度是 TO 指令处理时间的 3 倍。正因为 FX0N-3A 模块有较好的性价比，因此广泛应用于各种设备当中。

2. 模拟量输入与输出接线

FX0N-3A 包含两路输入通道和一路输出通道。输入通道将外部输入的模拟信号转换成内部的数字信号（A/D 转换），输出通道将内部的数字信号转换成外部的模拟信号（D/A 转换）。根据接线不同，可以选择电压信号或电流信号的模拟输入或模拟输出。模拟输入通道或模拟输出通道的可接受范围为 DC 0 ~ 10V、DC 0 ~ 5V 或 DC 4 ~ 20mA。

模拟量输入与输出接线如图 5-3、图 5-4 所示。需要注意的是，两路输入通道均为同一特性，不可以混合使用电压输入和电流输入。当使用电流输入时，应确保［VIN ∗］端子和

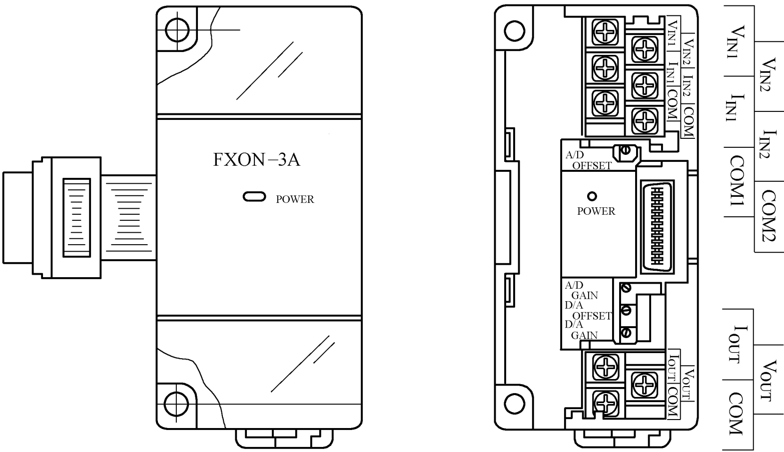


图 5-2 FX0N-3A 的外观与接线端子

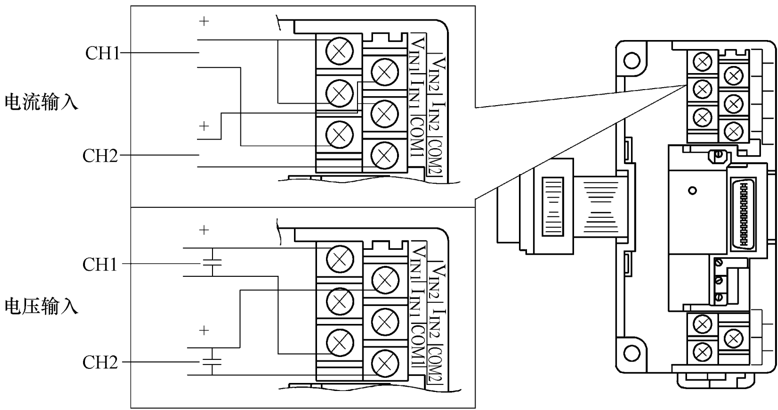


图 5-3 输入接线

［IIN＊］端子短路连接（电压输入时不可短接）；当电压输入或输出存在波动或大量噪声时，应在相应处连接 0.1～0.47μF、DC 25V 的电容。

3. 模拟量输入规格

FX0N-3A 的模拟量输入规格见表 5-1。

表 5-1 FX0N-3A 的模拟量输入规格

项　　目	电 压 输 入	电 流 输 入
模拟输入范围	DC 0～10V、DC 0～5V （输入电阻 200kΩ） 绝对最大输入：−0.5～15V	DC 4～20mA （输入电阻 250Ω） 绝对最大输入：−2～60mA
输入特性	不可以混合使用电压输入和电流输入 两路通道均为同一特性	
扫描执行时间	（TO 命令处理时间 ×2）＋FROM 命令处理时间	

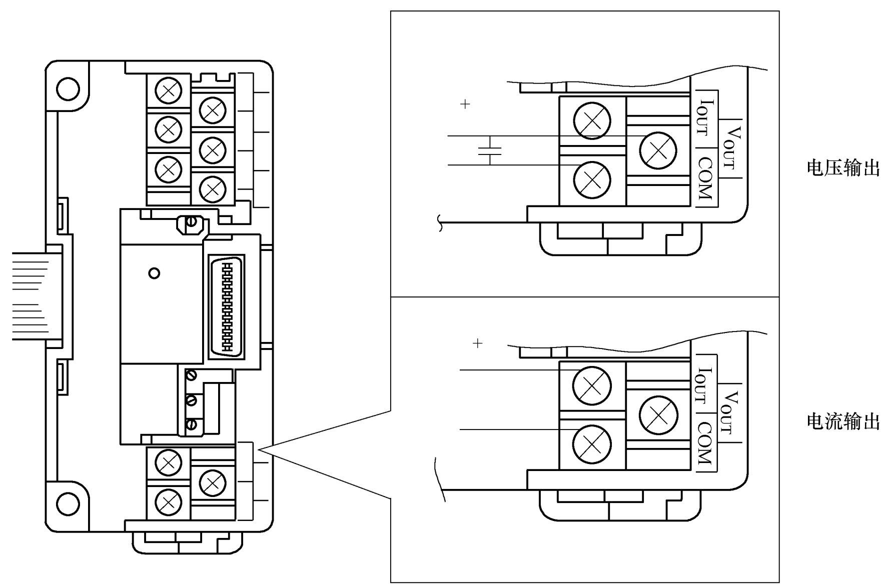


图5-4　输出接线

FX0N-3A的输入特性即模拟量输入与对应的数值，如图5-5所示。根据图5-5可以得出：

输入模拟电压转换数字值：$255\times10\div10.2=250$

输入模拟电流转换数字值：$255\times(20-4)\div(20.32-4)=250$

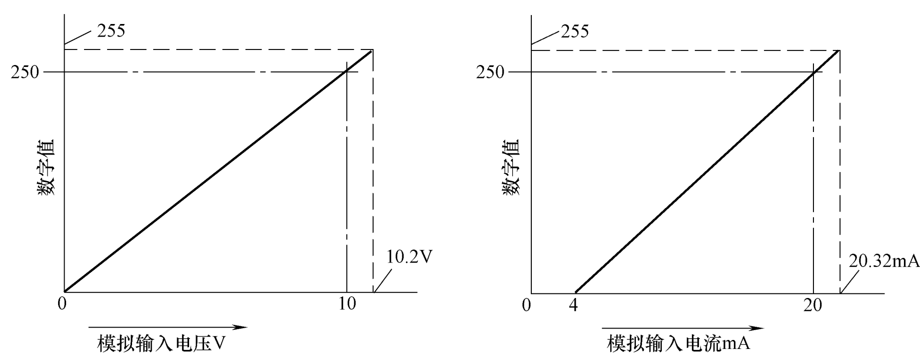


图5-5　模拟量输入与对应的数值

4. 模拟量输出规格

FX0N-3A的模拟量输出规格见表5-2。

表5-2　FX0N-3A的模拟量输出规格

项　　目	电压输入	电流输入
模拟输入范围	DC 0～10V、DC 0～5V (负载电阻1kΩ～1MΩ)	DC 4～20mA (负载电阻500Ω以下)
扫描执行时间	TO命令处理时间×3	

FX0N-3A 的输出特性即模拟量输出与对应的数值如图 5-6 所示。根据图 5-6 可以得出：

输出数字值转换模拟电压值：255 × 10 ÷ 250 = 10.2

输出数字值转换模拟电流值：255 ×（20 − 4）÷ 250 + 4 = 20.32

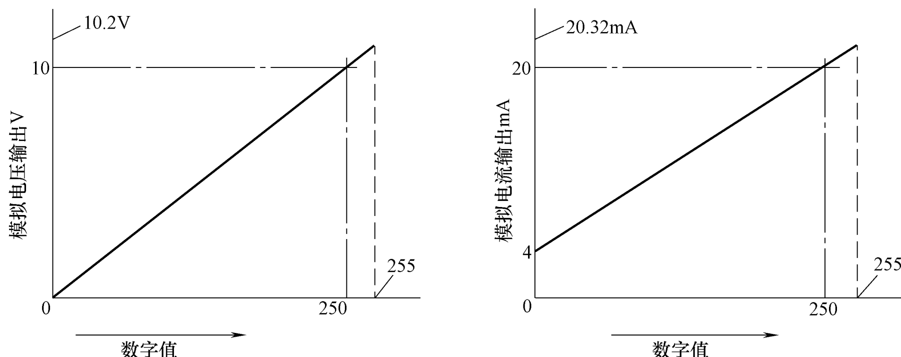


图 5-6　模拟量输出与对应的数值

5.2.2　程序设计

1. 模块的编号

FX0N-3A 可以连接到 FX1N、FX2N、FX1NC 或 FX2NC 系列的 PLC，所有的数据传输和参数设置均通过 PLC 程序进行控制与调整。

对基本单元给予被连接的特殊模块选择，模块号码由靠近基本单元开始，以 NO. 0→NO. 1→NO. 2……NO. 7 的顺序继续下去。模块号码是为指定程序命令对哪一个模块起作用而使用的。

2. BFM 的分配含义

缓冲存储器（BFM）分配见表 5-3，其中表格留空部分为缓冲存储器存储保留区域。BFM#0 表示输入通道 1（CH1）与输入通道 2（CH2）转换数据以二进制形式交替存储。BFM#17 的含义见表 5-4，具体含义是：

b0 = 0 选择输入通道 1；

b0 = 1 选择输入通道 2；

b1 = 0→1 启动 A-D 转换；

b1 = 1→0 复位 A-D 转换；

b2 = 0→1 启动 D-A 转换；

b2 = 1→0 复位 D-A 转换。

因此，模拟量连续输入/输出条件：0→1→0。

3. A-D 输入程序

如图 5-7 所示，主机单元将数据读出或写入 FX0N-3A 缓冲存储器（BFM），当 X1 = ON 时，实现输入通道 1 的 A-D 转换，并将 A-D 转换对应值存储于主机单元 D01 中。当 X2 = ON 时，实现输入通道 2 的 A-D 转换，并将 A-D 转换对应值存储于主机单元 D02 中。

程序解释如下：

1）X1 ↓ ,（H00）写入 BFM#17，选择输入通道 1 且复位 A-D 转换；

表 5-3　缓冲存储器（BFM）分配

BFM No.	b15-b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
#0		当前 A-D 转换当前输入通道 8 位数据							
#1 ~ #15									
#16		当前 D-A 转换输出通道 8 位数据							
#17				D-A 转换启动		A-D 转换启动		A-D 转换通道选择	
#18 ~ #31									

表 5-4　BFM#17 的含义

二六进制	二进制			说　明
	b2	b1	b0	
H000	0	0	0	选择输入通道 1 且复位 A-D 和 D-A 转换
H001	0	0	1	选择输入通道 2 且复位 A-D 和 D-A 转换
H002	0	1	0	保持输入通道 1 的选择且启动 A-D 转换
H003	0	1	1	保持输入通道 2 的选择且启动 A-D 转换
H004	1	0	0	启动 D-A 转换

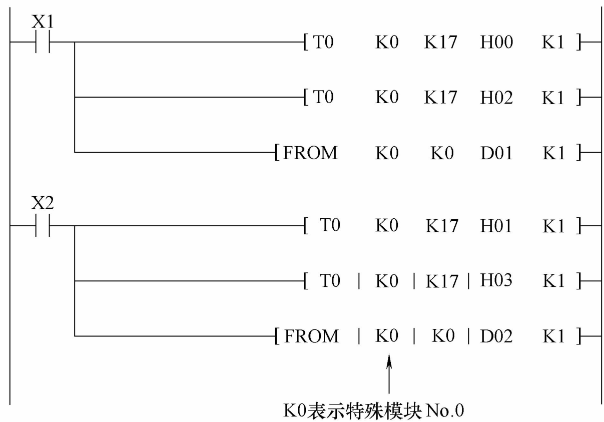


图 5-7　A-D 输入程序

2）（H02）写入 BFM#17，保持输入通道 1 的选择且启动 A-D 转换；

3）读取 BFM#0，输入通道 1 当前 A-D 转换对应值存储于主机单元（D01）中；

4）X2↓，（H01）写入 BFM#17，选择输入通道 2 且复位 A-D 转换；

5）（H03）写入 BFM#17，保持输入通道 2 的选择且启动 A-D 转换；

6）读取 BFM#0，输入通道 2 当前 A-D 转换对应值存储于主机单元（D02）中。

4. D-A 输出程序

如图 5-8 所示，当 X0 = ON 时，实现输出通道的 D-A 转换，D-A 转换对应值为主机单元 D00。

程序解释如下：

1）X0↓，D-A 转换对应值（D00）写入 BFM#16；

2）（H04）写入 BFM#17，启动 D-A 转换；

3）（H00）写入 BFM#17，复位 D-A 转换。

5.2.3　模拟量输入与输出校准

1. A-D 校准

（1）偏置校准

1）外部输入接线如图 5-9 所示。

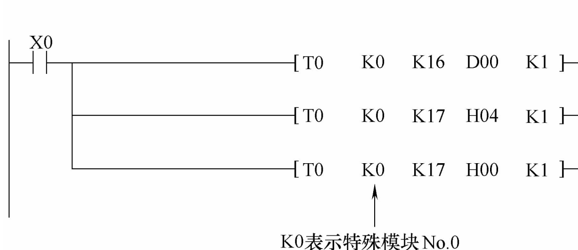


图 5-8　D-A 输出程序

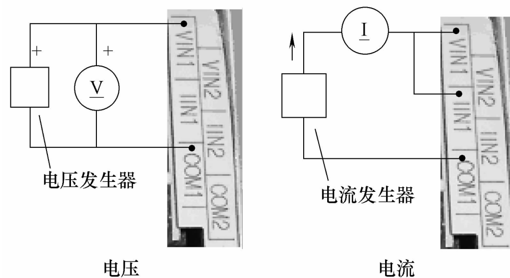


图 5-9　外部输入接线

2）输入校准程序如图 5-10 所示。

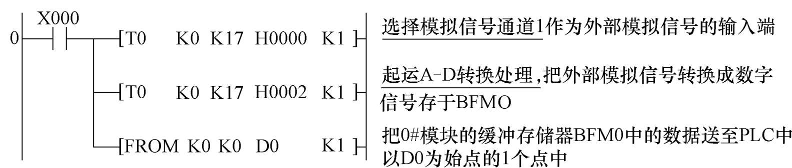


图 5-10　输入校准程序

3）校准过程：

① 选择对应的接线方法，使输入的偏置电压/电流符合表 5-5 要求。

表 5-5　模拟输入范围与偏置校准值

模拟输入范围	DC 0～10V	DC 0～5V	DC 4～20mA
偏置校准值	0.040V	0.020V	4.064mA

② 运行前面的程序，确保 X0 为 ON 状态。

③ 调节 A-D OFFSET 电位器，直到数字值 1 读入 D0 为止。

注：顺时针旋转电位器为数字值增加，从最小值到最大值需要转 18 圈。

（2）增益校准

校准过程如下：

① 选择对应的接线方法，使输入的增益电压/电流符合表 5-6 要求。

② 运行前面的程序，确保 X0 为 ON 状态。

③ 调节 A-D GAIN 电位器，直到数字值 250 读入 D0 为止。

注：顺时针旋转电位器为数字值增加，从最小值到最大值需要转 18 圈。

表 5-6　模拟输入范围和增益校准值

模拟输入范围	DC 0～10V	DC 0～5V	DC 4～20mA
增益校准值	10.000V	5.000V	20.000mA

2. D-A 校准

(1) 偏置校准

1) 偏置校准如图 5-11 所示。

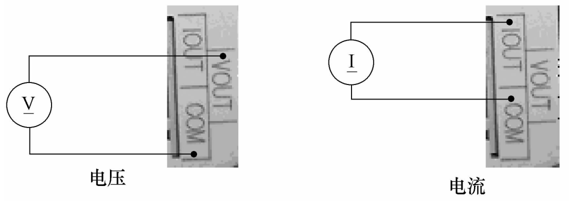


图 5-11　偏置校准

2) 输入校准程序如图 5-12 所示。

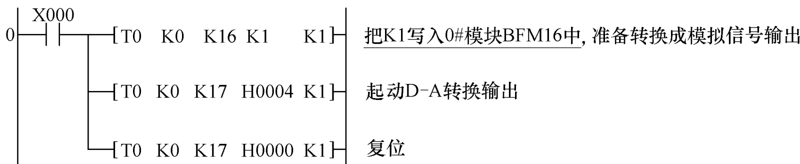


图 5-12　输入校准程序

3) 校准过程：

① 运行前面的程序，确保 X0 为 ON 状态。

② 调节 D-A OFFSET 电位器，直到仪表显示相应的偏置电压/电流为止。模拟输出范围与仪表显示值见表 5-7。

表 5-7　模拟输出范围与仪表显示值

模拟输出范围	DC 0～10V	DC 0～5V	DC 4～20mA
仪表显示值	0.040V	0.020V	4.064mA

注：顺时针旋转电位器为数字值增加，从最小值到最大值需要转 18 圈。

(2) 增益校准

1) 输入校准程序如图 5-13 所示。

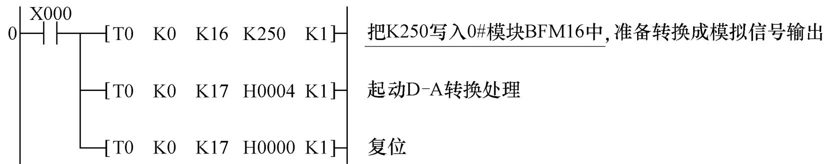


图 5-13　输入校准程序

2) 校准过程：

① 运行前面的程序，确保 X0 为 ON 状态。

② 调节 D-A GAIN 电位器，直到仪表显示相应的增益电压/电流为止。模拟输出范围和仪表显示值见表 5-8。

表 5-8 模拟输出范围和仪表显示值

模拟输出范围	DC 0 ~ 10V	DC 0 ~ 5V	DC 4 ~ 20mA
仪表显示值	10.000V	5.000V	20.000mA

注：顺时针旋转电位器为数字值增加，从最小值到最大值需要转 18 圈。

5.2.4 应用实例

【实例 1】 某压力变送器（0 ~ 3MPa），其规格对应 4 ~ 20mA，电源为 DC 24V，请接入 PLC 中，并读出实时压力值。

1）接线（以输入通道 1 为例）如图 5-14 所示。

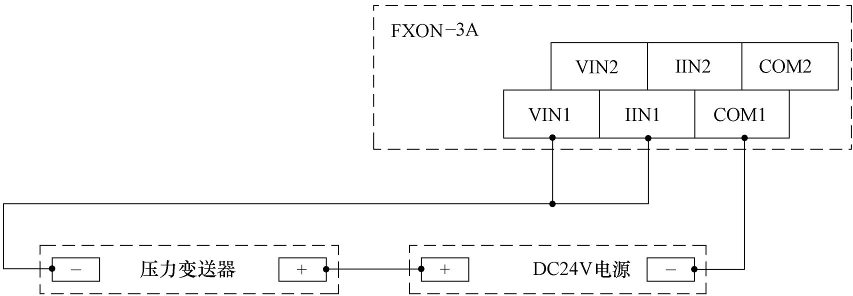


图 5-14 接线

2）比值计算见表 5-9。

表 5-9 比值计算

对应压力值/MPa	0	X	3
对应电流值/mA	4	Y	20
对应 AD 转换值	0	D01	250
运算	X ÷ D01 = 3 ÷ 250 X = D01 × 3 ÷ 250		

3）写入 PLC 程序。

PLC 程序如图 5-15 所示。程序解释如下：将 D01 乘以 3 后，值储存于 D03 中（16 位整数处理）；将 D03 转换成 32 位二进制浮点数，值储存于 D04、D05 中（32 位浮点数处理）；将 D04、D05 除以 250 后，值储存于 D06、D07 中（32 位浮点数处理）。

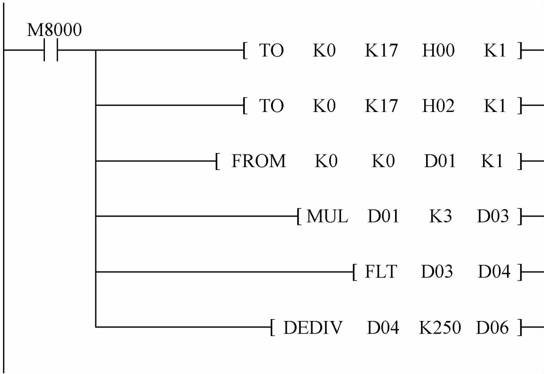


图 5-15 PLC 程序

【实例 2】 某压力变送器，其技术规格见表 5-10，电源为 DC 24V，请接入 PLC 中，并读出实时压力值。

表 5-10　压力变送器技术规格

电源	量程	输出
DC 24V	-0.1 ~ 3.5MPa	4 ~ 20mA

1）接线（以输入通道 2 为例）如图 5-16 所示。

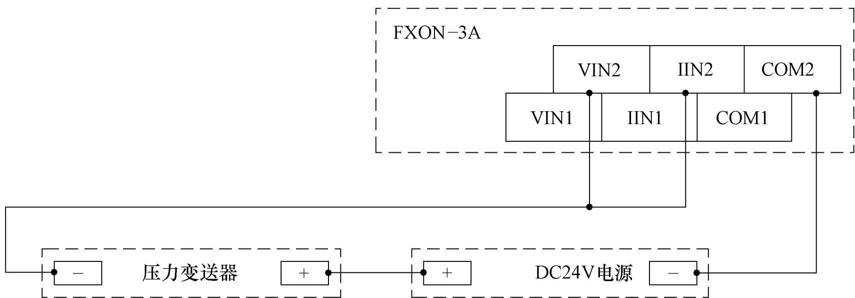


图 5-16　通道 2 接线

2）比例计算见表 5-11 所示。

表 5-11　比例计算

对应压力值/MPa	-0.1	X	3.5
对应电流值/mA	4	Y	20
对应 AD 转换值	0	D02	250
运算	(X + 0.1) ÷ D02 = (3.5 + 0.1) ÷ 250 X = D02 × (3.5 + 0.1) ÷ 250 - 0.1 = D02 × 3.6 ÷ 250 - 0.1 = D02 × 36 ÷ 2500 - 250 ÷ 2500 = (D02 × 36 - 250) ÷ 2500		

3）写入 PLC 程序。

PLC 程序如图 5-17 所示。程序解释如下：将 D02 乘以 36 后，值储存于 D08 中（16 位整数处理）；将 D08 减去 250 后，值储存于 D09 中（16 位整数处理）；将 D09 转换成 32 位二进制浮点数，值储存于 D10、D11 中（32 位浮点数处理）；将 D10、D11 除以 2500 后，值储存于 D12、D13 中（32 位浮点数处理）。

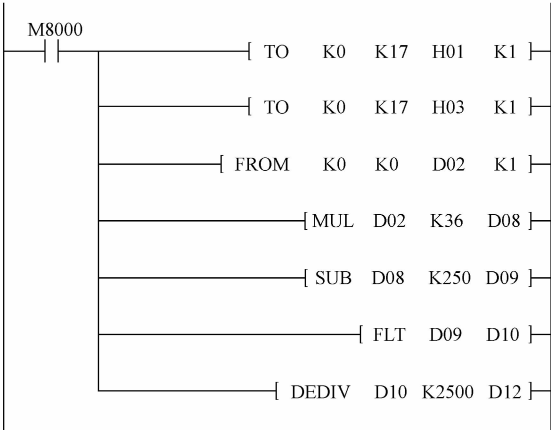


图 5-17　PLC 程序

【实例 3】　有一个压力传感器，感应压力范围是 0 ~ 5MPa，输出电压是 0 ~ 5V。利用这个传感器去测量某管道中的油压，当测到的压力小于 3.5MPa 时，PLC 的 Y10 灯亮，表示压力低；当测到的压力为 3.5 ~ 4.2MPa 时，Y11 灯亮，表示压力正常；当测到的压力大于 4.2MPa 时，Y12 灯亮，表示压力过高。请写出 PLC 的控制程序。

（1）系统分析

在该系统中，传感器输出的模拟量通过 FX0N-3A 转换为数字量放在 PLC 中，然后通过区间比较指令进行比较判断，控制 PLC 的输出，假设 FX0N-3A 接在 PLC 的 0 号位置。

（2）根据数值比例画图（见图 5-18）

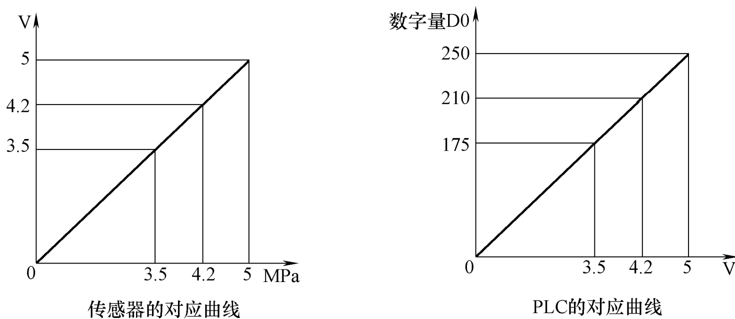


图 5-18　根据数值比例画图

（3）编写程序（见图 5-19）

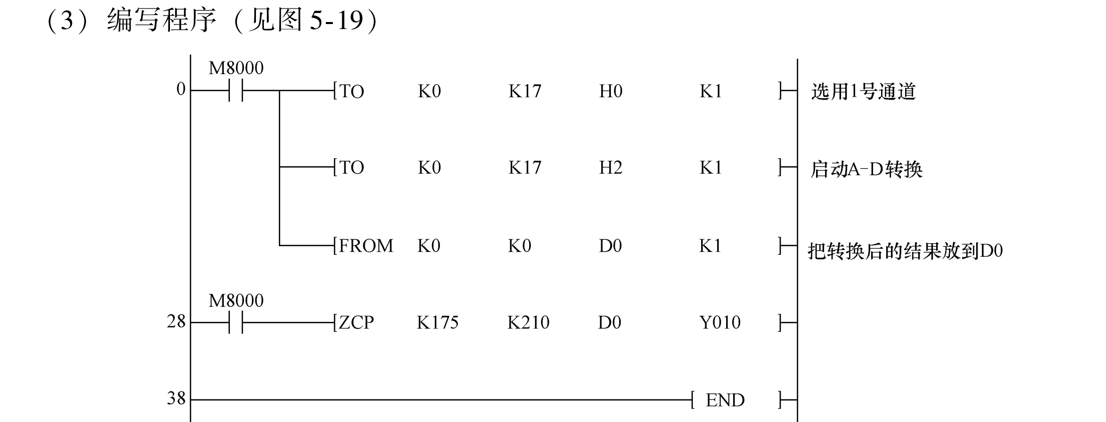


图 5-19　实例 3 程序

5.3　FX2N-2AD 与 FX2N-2DA 模拟量模块

5.3.1　FX2N-2AD 主要性能与硬件连接

1. 主要性能

FX2N-2AD 的性能见表 5-12。

2. 模块连接

模块连接如图 5-20 所示。

3. 输出特性

FX2N-2AD 的输出特性如图 5-21 所示。模块的转换位数为 12 位，对应的最大数字量输出为 4095。但在实际使用时，为了计算方便，通常情况下都将最大模拟量输入（DC10V/5V 或 20mA）所对应的数字量输出设定为 4000。

表 5-12　FX2N-2AD 的性能

项　　目	参　　数		备　　注
	电压输入	电流输入	
输入通道	2		2 通道输入方式必须一致
输入要求	DC 0～10V 或 0～5V	DC 4～20mA	
输入极限	DC －0.5～15V	DC －2～60mA	输入超过极限可能损坏模块
输入阻抗	≤200kΩ	≤250Ω	
数字输出	12 位		0～4095
分辨率	2.5mV（DC 0～10V 输入） 1.25mV（DC 0～5V 输入）	4μA（DC 4～20mA 输入）	
转换精度	±1%（全范围）		
处理时间	2.5ms/1 通道		
调　　节	偏移调节/增益调节		电位器调节
输出隔离	光耦合		模拟电路与数字电路之间
占用 I/O 点数	8 点		
消耗电流	24V/50mA，5V/20mA		由 PLC 供给
编程指令	FROM/TO		

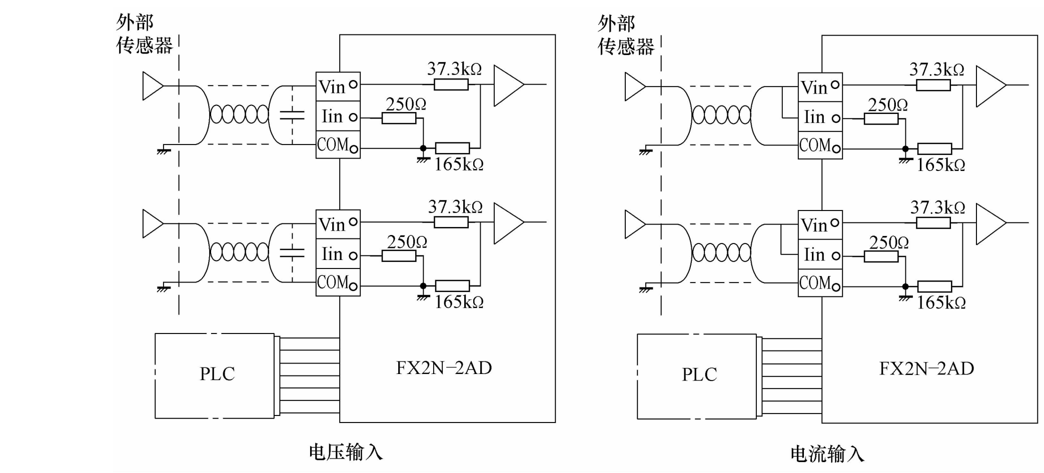


图 5-20　模块连接

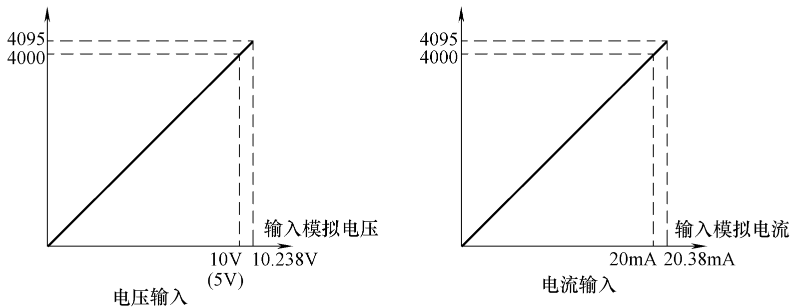


图 5-21　输出特性

5.3.2 FX2N-2AD 的编程与控制

1. 基本编程思路

1）用 TO 指令在模块的缓冲存储器中写入 A/D 转换控制指令：指定要转换的通道，启动模块的 A/D 转换，转换结果将存储于 BFM 中。

2）用 FROM 指令把 BFM 的数据读入 PLC 中。

2. BFM 的分配含义

缓冲存储器（BFM）分配见表 5-13。从表 5-13 中可以看出，BFM#0 是由 BFM#17（低 8 位数据）指定的通道的输入数据当前值被存储，当前值数据是以二进制形式存储；BFM#1 输入数据当前值（高端 4 位数据）被存储，当前数据是以二进制形式存储；BFM#17 中，b0 指定进行模拟到数字转换的通道即 CH1 或 CH2，b1 若 0→1 则表示 A/D 转换过程开始。

表 5-13 BFM 分配

BFM 编号	B15 到 B8	B7 到 B4	B3	B2	B1	B0
#0	保留	输入数据的当前值(低 8 位数据)				
#1	保留	输入数据的当前值(高 4 位数据)				
#2 ~ #6	保留					
# ¥17	保留			模拟到数字转换开始	模拟到数字转换开始	
#18 或更大	保留					

3. 编程

【实例 4】 PLC 为 FX2N-32ER，压力变送器 4 ~ 20mA，按照使用手册所示连接，压力变送器也已安装在压缩气源上。通过 PLC 中的数据 D200 设定卸载压力值（压缩机停止运行），D204 设定加载压力值（压缩机起动运行）。请编程。

程序如图 5-22 所示。程序解释如下：

1）TO K0 K17 H0000 K1 选择输入通道 1；

2）TO K0 K17 H0002 K1 通道 1 开始 A/D 转换；

3）FROM K0 K0 K2M100 K2 读通道 1 数字值；

4）MOV K4M100 D100 通道 1 高端 4 位移到下面 8 位位置上，并存储到 D100。

第 1 ~ 3 条的第一个 K0 是指明指令操作的是 NO. 0 号模块，第 1、2 句指令的 K17 是指 2AD 的 BFM#17，后面的 K1 表示一次只对一个 BFM 进行操作。第 3 句指令的第二个 K0 表示 BFM#0，后面的 K2 是告诉 2AD 一次读两个 BFM，也就是把 BFM#0、BFM#1 两个寄存器内的数据一次读出。

【实例 5】 对 FX2N-2AD 模块通道 1 的数据进行中位值滤波，计算后的平均值放在 D100 中。

中位值滤波就是连续采样 N 次值，把采样值按大小排列，取中间值为本次有效值。本实例的程序如图 5-23 所示。

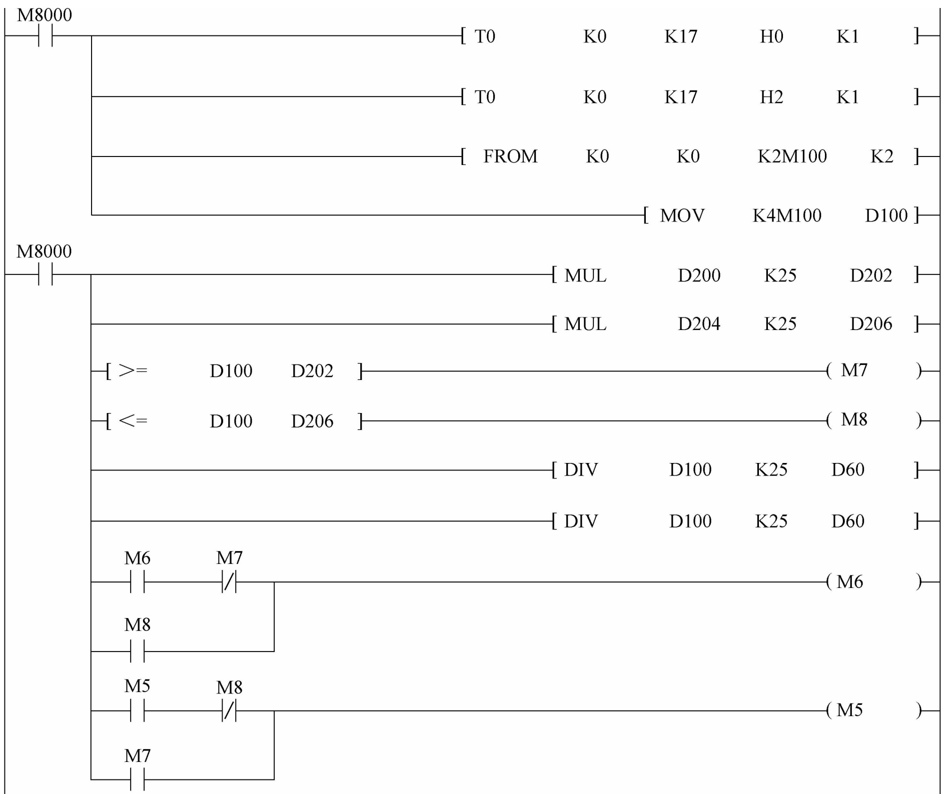


图 5-22　实例 4 程序

5.3.3　FX2N-2DA 主要性能与硬件连接

FX2N-2DA 的作用是将 PLC 内部的数字量转换为外部控制用的模拟量（模拟电压或电流）输出。

1）FX2N-2DA 的性能见表 5-14。

表 5-14　FX2N-2DA 的性能

项　　目	参　　数		备　　注
	电压输出	电流输出	
输出通道	2		2 通道输出方式可以不一致
输入范围	DC0 ~ 10V 或 0 ~ 5V	DC4 ~ 20mA	
负载阻抗	⩾2kΩ	⩽500Ω	
数字输入	12 位		0 ~ 4095
分辨率	2.5mV(DC0 ~ 10V 输出) 1.25mV(DC0 ~ 5V 输出)	4μA(DC4 ~ 20mA 输出)	
转换精度	±1%(全范围)		
处理时间	4ms/1 通道		
调　　节	偏移调节/增益调节		电位器调节
输出隔离	光耦合		模拟电路与数字电路之间

（续）

项　　目	参　　数		备　　注
	电压输出	电流输出	
占用 I/O 点数	8 点		
消耗电流	24V/50mA，5V/20mA		由 PLC 供给
编程指令	FROM/TO		

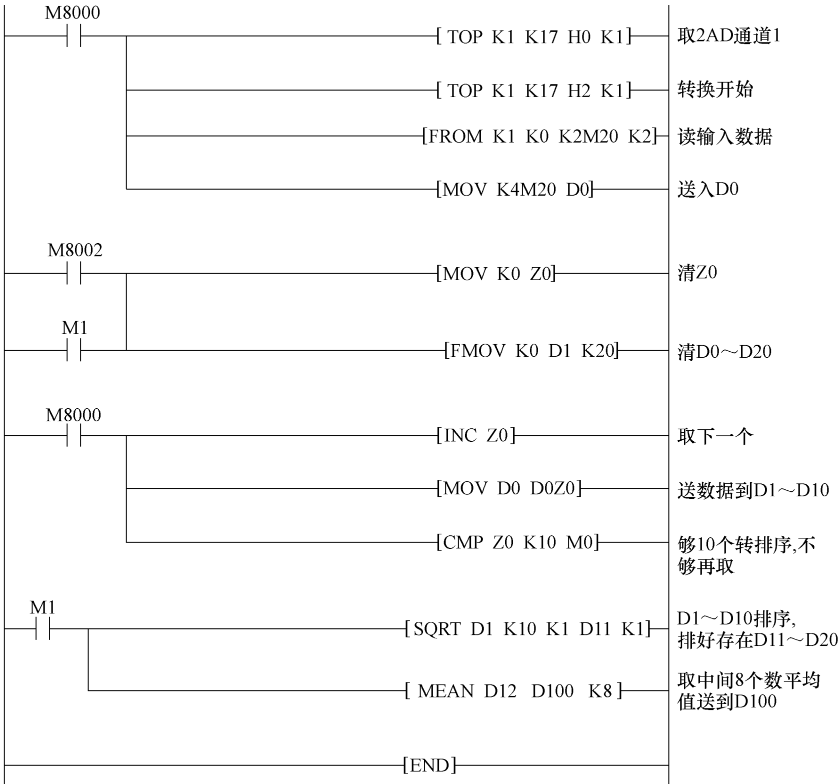


图 5-23　实例 5 程序

2）模块连接如图 5-24 所示。

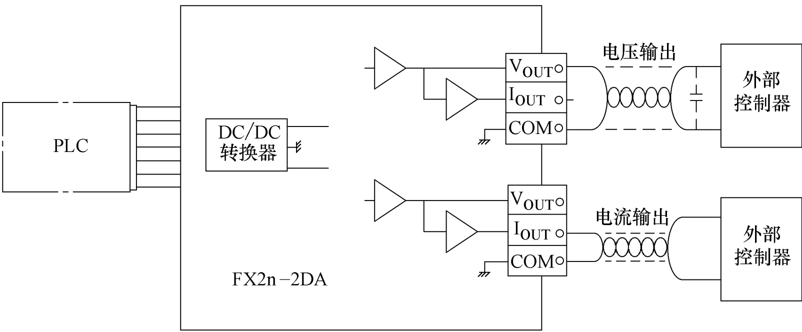


图 5-24　模块连接

3）输出特性。模块的最大 D-A 转换位为 12 位，可以进行转换的最大数字量为 4095，但为了计算方便，通常情况下都将最大模拟量输入（DC10V/5V 或 20mA）所对应的数字量输出设定为 4000，如图 5-25 所示。

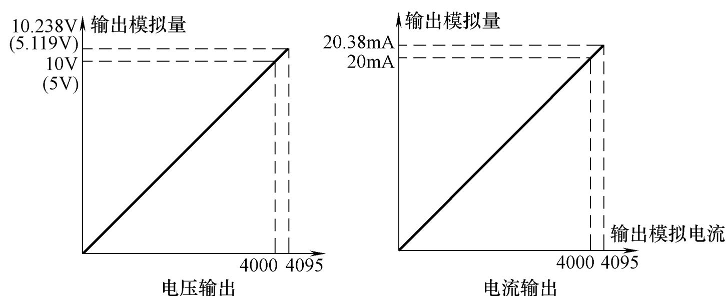


图 5-25　输出特性

5.3.4　FX2N-2DA 编程

FX2N-2DA 编程主要是通过 TO 指令进行转换的控制以及数字量的输出。FX2N-2DA 的 BFM 含义见表 5-15。

表 5-15　BFM 含义

BFM 编号	b15 ~ b8	b7 ~ b3	b2	b1	b0
#0 ~ #15	保留				
#16	保留	输出数据的当前值(8 位数据)			
#17	保留		D-A 低 8 位数据保持	通道 1 D-A 转换开始	通道 2 D-A 转换开始
#18 或更大	保留				

从表 5-15 中可以看出：

（1）转换原始数据在 BFM 中的存储地址

BFM#16/bit7 ~ bit0：转换数据的当前值（8 位）。

注意：在 FX2N-2DA 模块中转换数据当前值只能保持 8 位数据，但在实际转换时要进行 12 位转换，为此必须进行二次传送，才能完成。

（2）D-A 转换的控制信号在 BFM 中定义

BFM#17：通道的选择与启动信号。

bit0：通道 2 选择与启动；bit0 的下降沿启动通道 2 的转换。

bit1：通道 1 选择与启动；bit1 的下降沿启动通道 1 的转换。

bit2：转换数据暂存，bit2 的下降沿启动转换数据暂存。

【实例 6】 设某系统的控制要求是：当输入 X0 为 ON 时，需要将数据寄存器 D100 的 12 位数字量转换为模拟量，并且在通道 1 中进行输出；当输入 X1 为 ON 时，需要将数据寄存器 D101 的 12 位数字量转换为模拟量，并且在通道 2 中进行输出。

实例程序如图 5-26 所示。

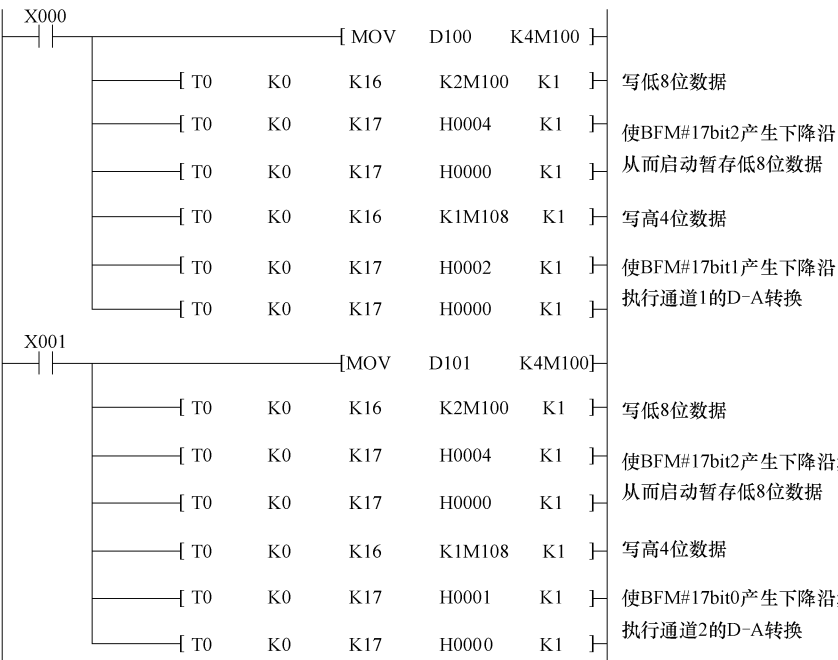


图 5-26 实例 6 程序

5.4 FX2N-4AD 模拟量输入模块

5.4.1 FX2N-4AD 模拟量输入模块的技术指标与接线

FX2N-4AD 为 4 通道 12 位 A-D 转换模块，它可以将模拟电压或电流转换为最大分辨率为 12 位的数字量，并以二进制补码方式存入内部 16 位缓冲寄存器中，通过扩展总线与 FX2N 基本单元进行数据交换。FX2N-4AD 外观与接线端子如图 5-27 所示。

FX2N-4AD 的技术指标见表 5-16。

表 5-16 FX2N-4AD 的技术指标

项　　目	电压输入	电流输入
	四通道模拟量电压或电流的输入，可通过对其输入端子的选择实现	
模拟量输入范围	DC：-10～10V（输入阻抗：200kΩ）（绝对最大量程 DC ±15V）	DC：-20～20mA（输入阻抗：250Ω）（绝对最大量程 ±32mA）
数字量输出范围	12 位转换结果，以 16 位二进制补码方式存储，其输出范围为 -2048～+2047	
分辨率	5MV（10V 默认范围：1/2000）	20μA（20mA 默认范围：1/1000）
综合精度	±1%（在 -10～10V 的范围）	±1%（在 -20～20mA 的范围）
转换速度	常速：15ms/通道；高速：6ms/通道	
外接输入电源	24（1±10%）V，55mA，可由 PLC 基本单元或扩展单元内部供电：5V，30mA	
模拟量用电源	-10～10V	-4～20mA 或 -20～20mA
I/O 占有点数	8 个输入或输出点均可	
隔离方式	模拟与数字之间光电隔离：4 个模拟通道之间没有隔离	

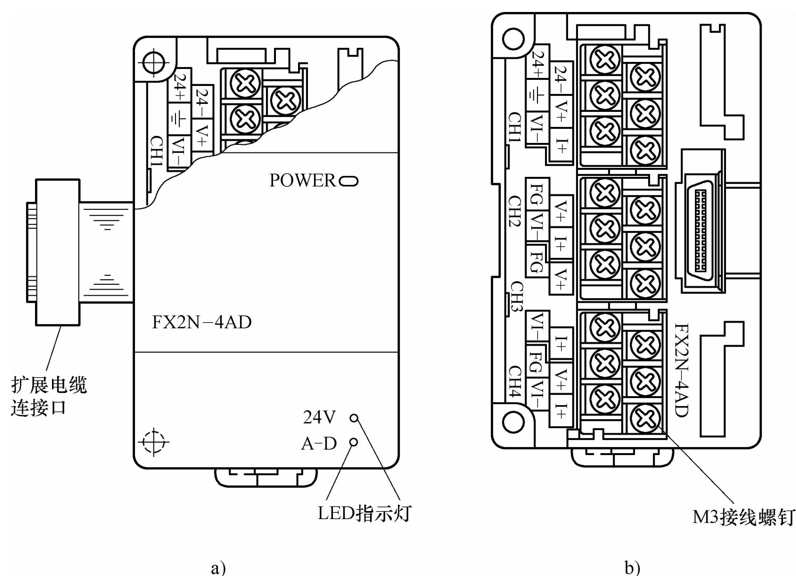


图 5-27　FX2N-4AD 外观与接线端子
a）外观　b）接线端子

从表 5-16 可以看出，FX2N-4AD 可选用的模拟值范围是 DC-10～10V（分辨率：5mV），或者是 4～20mA，－20～20mA（分辨率：20μA）。FX2N-4AD 消耗 FX2N 主单元或有源扩展单元 5V 电源槽 30mA 的电流。

FX2N-4AD 的线路连接如图 5-28 所示。FX2N-4AD 通过扩展总线与 FX2N 系列基本单元连接。而 4 个通道的外部连接则需根据外界输入的电压或电流量的不同而有所不同。图5-28 中标注①～⑤的说明如下：

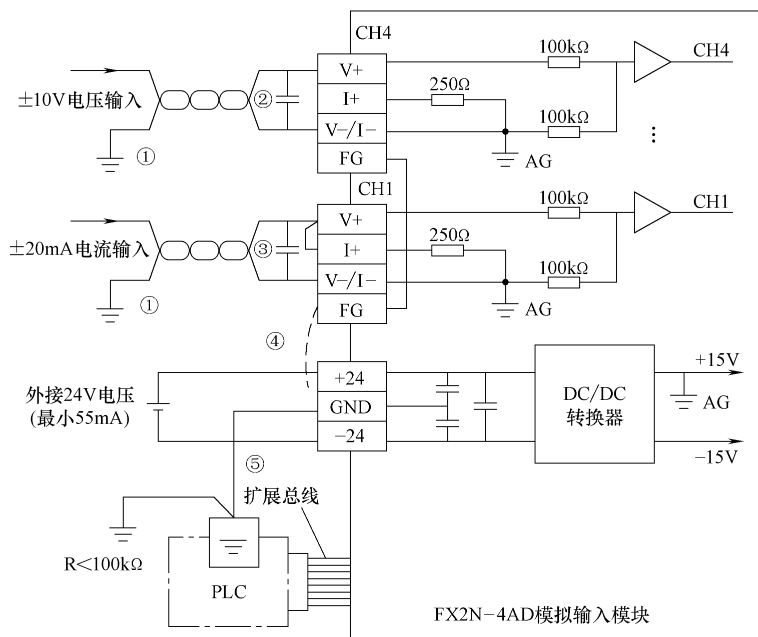


图 5-28　FX2N-4AD 的线路连接

① 外部模拟输入通过双绞屏蔽电缆输入至 FX2N-4AD 的各个通道中。

② 如果输入有电压波动或有外部电器电磁干扰影响，可以在模块的输入口中加入一个平滑电容（0.1 ~ 0.47μF/25V）。

③ 若外部输入是电流输入量，则需把 V + 和 I + 相连接。

④ 若有过多的干扰存在，应将机壳的地 FG 端与 FX2N-4AD 的电源接地端 GND 相连。

⑤ 可能的话，将 FX2N-4AD 与 PLC 基本单元的地连接起来。

FX2N-4AD 三种预设方式下的模拟输入与数字输出关系如图 5-29 所示。

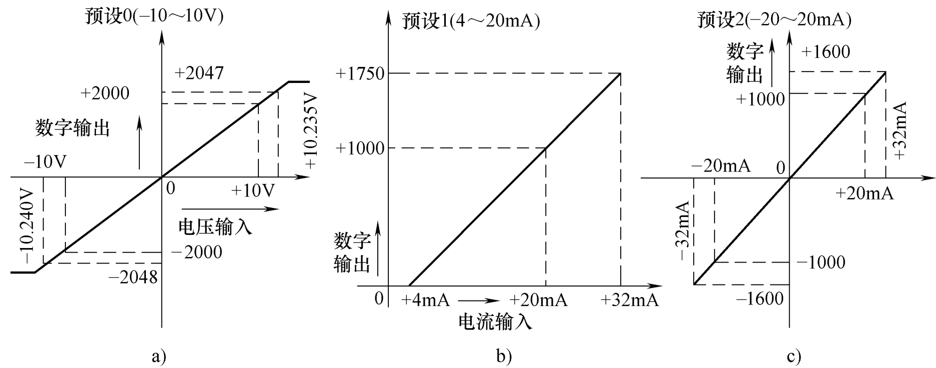


图 5-29　FX2N-4AD 三种预设方式下的模拟输入与数字输出关系

a）－10 ~ 10V 电压输入　b）4 ~ 20mA 电流输入　c）－20 ~ 20mA 电流输入

5.4.2　FX2N-4AD 缓冲寄存器

FX2N-4AD 和 FX2N 主单元之间通过缓冲存储器交换数据，共有 32 个缓冲存储器（每个是 16 位数据）。FX2N-4AD 占用 FX2N 扩展总线的 8 个接点，这 8 个接点可以是输入点或输出点。FX2N-4AD 的 32 个缓冲寄存器（BFM）的编号分配及含义见表 5-17。

表 5-17　FX2N-4AN 的 32 个 BFM 编号分配及含义

BFM	内　容	
* #0	通道初始化，默认值 = H0000	
* #1	通道 1	存放采样值（1 ~ 4096），用于得出平均结果，默认值设为 8（正常速度），高速操作可选择 1
* #2	通道 2	
* #3	通道 3	
* #4	通道 4	
#5	通道 1	缓冲器 #5 ~ #8，分别存储通道 CH1 ~ CH4 平均输入采样值
#6	通道 2	
#7	通道 3	
#8	通道 4	
#9	通道 1	这些缓冲区用于存放每个输入通道读入的当前值
#10	通道 2	
#11	通道 3	
#12	通道 4	

（续）

<table>
<tr><th>BFM</th><th colspan="9">内　　容</th></tr>
<tr><td>#13～#14</td><td colspan="9">保留</td></tr>
<tr><td rowspan="2">#15</td><td rowspan="2">选择 A/D 转换速度</td><td colspan="8">如设为 0,则选择正常速度,15ms/通道(默认)</td></tr>
<tr><td colspan="8">如设为 1,则选择高速,6ms/通道</td></tr>
<tr><td>#16～#19</td><td colspan="9">保留</td></tr>
<tr><td>#20</td><td colspan="9">复位到默认值和预设值 =0</td></tr>
<tr><td>#21</td><td>偏移/增益值禁止调整(1,0);默认值为(0,1),允许调整</td><td>b7</td><td>b6</td><td>b5</td><td>b4</td><td>b3</td><td>b2</td><td>b1</td><td>b0</td></tr>
<tr><td>#22</td><td>指定通道的偏移,增益值修改</td><td>G4</td><td>O4</td><td>G3</td><td>O3</td><td>G2</td><td>O2</td><td>G1</td><td>O1</td></tr>
<tr><td>#23</td><td colspan="9">偏移值,默认值 =0</td></tr>
<tr><td>#24</td><td colspan="9">偏移值,默认值 =5000</td></tr>
<tr><td>#25～#28</td><td colspan="9">保留</td></tr>
<tr><td>#29</td><td colspan="9">错误状态</td></tr>
<tr><td>#30</td><td colspan="9">识别码 K2010</td></tr>
<tr><td>#31</td><td colspan="9">不使用</td></tr>
</table>

表 5-17 中带＊号的 BFM 中的数据可用 PLC 的 TO 指令改写。改写带＊号的 BFM 的设定值可以改变 FX2N-4AD 模块的运行参数，可调整其输入方式、输入增益和偏移量等。不带＊号的 BFM 内的数据可以使用 PLC 的 FROM 指令读出。从指定的模拟量输入模块读出数据前应先将设定值写入，否则按默认设定值读出和执行。

1）通道选择在 BFM#0 中写入十六进制 4 位数字 H××××进行 A/D 模块通道初始化，最低位数字控制 CH1，……，最高位控制 CH4，每位写入的数字含义如下：

×=0　设定输入范围为 -10～10V；

×=1　设定输入范围为 4～20mA；

×=2　设定输入范围为 -20～20mA；

×=3　关闭通道。

例如 BFM #0 = H3301，则说明 CH1 通道设定输入电流范围为 4～20mA，CH2 通道设定输入电压范围为 -10～10V，CH3、CH4 两通道关闭。

2）模拟量转换为数字量的速度设置可在 FX2N-4AD 的 BFM#15 缓冲器中写入 0 或 1 控制 A/D 转换速度。需注意的是，若要求高速转换，应尽量少用 FROM 和 TO 指令。

3）偏移量与增益值的调整。

① 当 BFM#20 被设置为 1 时，FX2N-4AD 的全部设定值均恢复到默认值，这样可以快速删去不希望的偏移量与增益值。

② 设置每个通道偏移量与增益值时，BFM#21 的（bi，bi-1）必须设置为（0，1），若（bi，bi-1）设为（1，0），则偏移量与增益值被保护，默认值为（0，1）。

③ BFM#23 和 BFM#24 为偏移量与增益值设定缓冲寄存器，用 PLC 的 TO 指令进行设定，偏移量和增益值的单位是 mV 或 μA，最小单位是 5mV 或 20μA。其值由 BFM#22 的

Gi—Oi（增益—偏移）位状态送到指定的输入通道偏移和增益寄存器中。例如：BFM#22 的 Gi、Oi 位置为 1，则 BFM#23 和 BFM#24 的设定值送入 CH1 的偏移和增益寄存器中。

④ 通道可以是初始值，也可以为同一个偏移量与增益值。

4）BFM#29 的状态位信息设置含义见表 5-18。

表 5-18　BFM#29 的状态位信息设置含义

#29 缓冲器位	ON	OFF
b0：错误	如果 b1 ~ b3 任意一位为 ON，b0 = ON，A-D 转换器的所有通道停止	无错误
b1：偏移量与增益值错误	偏移量与增益值修正错误	偏移量与增益值正常
b2：电源不正常	DC 24V 错误	电源正常
b3：硬件错误	A-D 或其他硬件错误	硬件正常
b10：数字范围错误	数字输出值小于 -2048 或大于 +2047	数字输出正常
b11：平均值错误	数字平均采样值大于 4096 或小于 0（使用 8 位默认值）	平均值正常（1 ~ 4096）
b12：偏移量与增益值修正禁止	#21 缓冲器的禁止位（b1，b0）设置为（1，0）	#21 缓冲器的设置为（b1，b0）设置为（0，1）

注：b4 ~ b7、b9、b13 ~ b15 无定义。

5）BFM#30 的缓冲器识别码可用 FROM 指令读出特殊功能块的识别号。FX2N-4AD 单元的识别码为 K2010。

6）增益值与偏移量的意义和设置范围。增益与偏移量是 FX2N-4AD 需要设定的两个重要参数，除了可以通过 PLC 编程进行调整以外，也可以用 PLC 输入终端上的下压按钮开关来调整 FX2N-4AD 的增益与偏移。如图 5-30 所示为 FX2N-4AD 增益与偏移状态示意图。

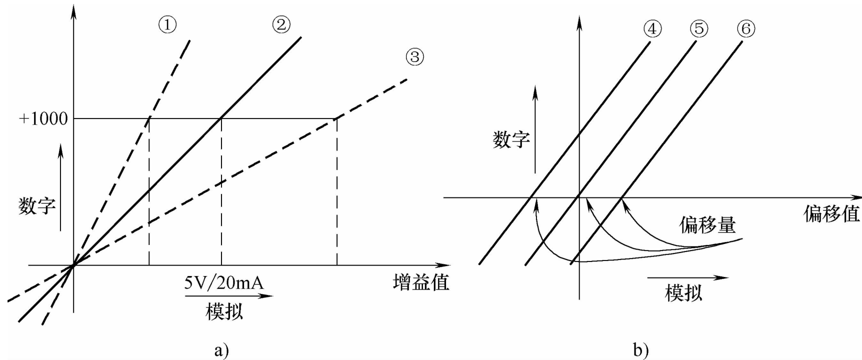


图 5-30　FX2N-4AD 增益与偏移状态示意图

a）增益　b）偏移

图 5-30a 中，增益值决定了校准线的角度或斜率，大小在数字输出 +1000 处。图中①为小增益，读取数字值间隔大；②为零增益（默认值），5V 或 20mA；③为大增益，读取数字值间隔小。图 5-30b 中，偏移量决定了校准线的位置，图中④为负偏移量；⑤为偏移量（默认值），0V 或 4mA；⑥为正偏移量。增益与偏移可以分别或一起设置，合理的偏移范围是 -5 ~ 5V 或 -20 ~ 20mA，合理的增益值是 1 ~ 5V 或 4 ~ 32mA。

5.4.3　FX2N-4AD 编程及应用

1. FX2N-4AD 模块的基本应用编程

FX2N-4AD 可以通过 FROM 和 TO 指令与 PLC 基本单元进行数据交换。

【实例 7】 某系统中，FX2N-4AD 模块连接在特殊功能模块的 0 号位置，通道 1 与通道 2 用作电压输入，平均取样数设为 4 次，PLC 的 D0、D1 接收平均数字值。

图 5-31 所示为实例程序。



图 5-31　实例 7 程序

程序解读如下：

1）读出识别码与 K2010 比较，如果识别码是 K2010 则表示 PLC 所连模块是 FX2N-4AD，CMP 指令将 M1 闭合（K2010 等于 D4）。

2）建立模拟输入通道#1、#2。

#0 缓冲区的作用是通道初始化，从低位到高位分别指定通道 1 ~ 通道 4，位的定义为：0—预设范围（-10 ~ 10V）；1—预设范围（4 ~ 20mA）；2—预设范围（-20 ~ 20mA）；3—通道关闭。

本例的 H3300 是关闭 3、4 通道，1、2 通道设为模拟值范围是 DC -10 ~ 10V。

3）将 4 写入缓冲区#1、#2，即将通道 1 和通道 2 的平均采样数设为 4，就是每读取 4 次将这 4 次的平均值写入#5、#6。

4）读取 FX2N-4AD 当前的状态，判断是否有错误。如果有错误 M10 ~ M22 相应的位闭合。

5）如果没有错误，则读取#5、#6 缓冲区（采样数的平均值）的值并保存到 PLC 寄存器 D0、D1 中。

2. 增益和偏移量的编程设置

采用 PLC 的 TO 指令编程可以改变 FX2N-4AD 的增益和偏移量，FX2N-4AD 增益与偏移量的编程设置如图 5-32 所示。FX2N-4AD 特殊功能模块处在 NO. 0 位置上，一般 CH1 通道的偏移和增益分别调整为 0V 和 2. 5V。

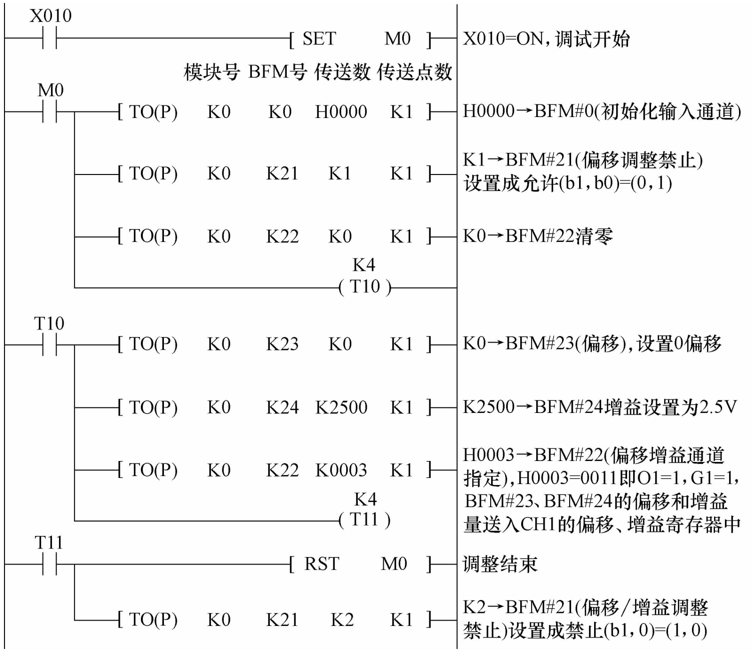


图 5-32　FX2N-4AD 增益与偏移量的编程设置

5.5　FX2N-4DA 模拟量输出模块

5.5.1　FX2N-4DA 模拟量输出模块的技术指标与接线

FX2N-4DA 有 4 个通道输出（CH1 ~ CH4），每个通道均可进行 D/A 转换。数字量转换为模块信号输出的最大分辨率为 12 位，输出的模拟电压范围为 – 10 ~ 10V 时，分辨率为 5mV，电流范围为 0 ~ 20mA 时，分辨率为 20μA。

FX2N-4DA 占用 FX2N 扩展总路线 8 个接点，这 8 个接点可以是输入或输出点。FX2N-4DA 的技术指标见表 5-19。

表 5-19　FX2N-4DA 的技术指标

项　　目	电 压 输 出	电 流 输 出
模拟量输出范围	DC：– 10 ~ 10V(外部负载阻抗：2kΩ ~ 1MΩ)	DC：0 ~ 20mA(外部负载阻抗：500Ω)
数字输入范围	带符号 16 位二进制(数值有效位为 11 位，符号位为 1 位)	
分辨率	5mV(10V × 1/2000)	20μA(20mA × 1/1000)
综合精度	±1%(满量程 10V)	±1%(满量程 +20mA)
转换速度	4 个通道：2.1ms(使用的通道数变化不影响转换速度)	
隔离方式	模拟和数字电路之间用光耦合器隔离，与基本单元间是 DC/DC 转换器隔离，模拟通道之间没有隔离	
外接输入电源	DC 24(1 ± 10%)V，200mA，基本单元或扩展单元内部供电：5V，30mA	
I/O 占有点数	占用 8 个 I/O 点	

FX2N-4DA 三种输出模式的输入与输出关系如图 5-33 所示。默认模式是模式 0。应用 PLC 指令可改变输出模式，选择了电压/电流模式就决定了所有输出端子。

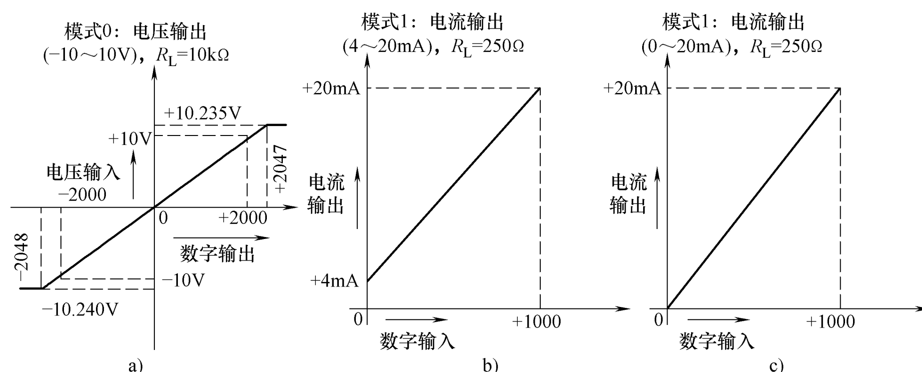


图 5-33　FX2N-4DA 三种输出模式的输入与输出关系
a）－10～10V 电压输入　b）4～20mA 电流输出　c）0～20mA 电流输出

FX2N-4DA 的外部接线及内部电路如图 5-34 所示。图中①～⑦标注说明如下：

① 双绞线屏蔽电缆，应远离干扰源。

② 输出电缆的负载端使用单点接地。

③ 若有噪声或干扰可以连接一个平滑电容，电容值在 0.1～0.47μF/25V。

④ FX2N-4DA 与 PLC 基本单元的大地应接在一起。

⑤ 电压输出端或电流输出端，若短接的话，可能会损坏 FX2N-4DA。

⑥ 24V 电源，电流 200mA 外接或者用 PLC 的 24V 电源。

⑦ 不使用端子，不要在这些端子上连接任何单元。

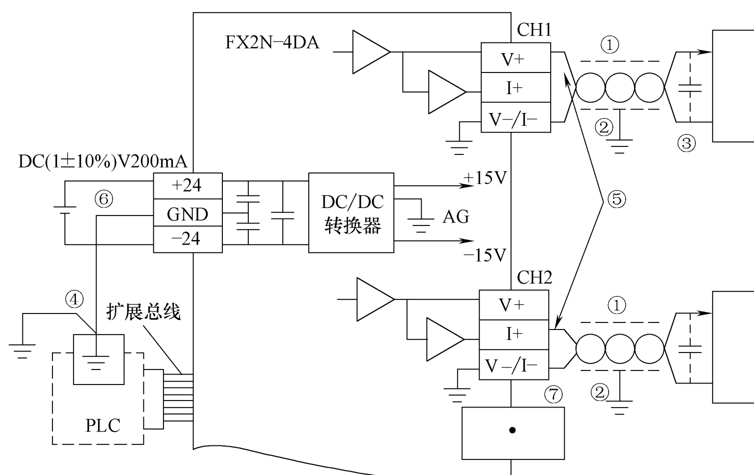


图 5-34　FX2N-4DA 的外部接线及内部电路

5.5.2 FX2N-4DA 缓冲寄存器

FX2N-4DA 的内部有 32 个缓冲寄存器（BFM），用来与 FX2N 基本单元进行数据交换，每个缓冲寄存器的位数为 16 位 RAM。FX2N-4DA 的 32 个 BFM 的编号分配及含义见表5-20。表中带“W”的数据 BFM 可用 TO 指令写入 PLC 中，标有“E”的数据 BFM 可以写入 EEP-ROM，当电源关闭后可以保持数据 BFM 中的数据。

表 5-20 FX2N-4DA 的 32 个 BFM 的编号分配及含义

<table>
<tr><th colspan="2">BFM</th><th colspan="2">内 容</th></tr>
<tr><td rowspan="6">W</td><td>#0(E)</td><td colspan="2">输出模式选择,出厂设置为 H0000</td></tr>
<tr><td>#1</td><td colspan="2" rowspan="4">输出通道 CH1 ~ CH4 的数据</td></tr>
<tr><td>#2</td></tr>
<tr><td>#3</td></tr>
<tr><td>#4</td></tr>
<tr><td>#5(E)</td><td colspan="2">数据保持模式,出厂设置 H0000</td></tr>
<tr><td colspan="2">#6、#7</td><td colspan="2">保留</td></tr>
<tr><td rowspan="10">W</td><td>#8(E)</td><td colspan="2">CH1、CH2 的偏移/增益设定命令,初始值 H0000</td></tr>
<tr><td>#9(E)</td><td colspan="2">CH3、CH4 的偏移/增益设定命令,初始值 H0000</td></tr>
<tr><td>#10</td><td>偏移数据 CH1</td><td rowspan="8">单位:mV 或 μA
初始偏移值:0;输出
初始增益值: +5000;模式 0</td></tr>
<tr><td>#11</td><td>增益数据 CH1</td></tr>
<tr><td>#12</td><td>偏移数据 CH2</td></tr>
<tr><td>#13</td><td>增益数据 CH2</td></tr>
<tr><td>#14</td><td>偏移数据 CH3</td></tr>
<tr><td>#15</td><td>增益数据 CH3</td></tr>
<tr><td>#16</td><td>偏移数据 CH4</td></tr>
<tr><td>#17</td><td>增益数据 CH4</td></tr>
<tr><td colspan="2">#18、#19</td><td colspan="2">保留</td></tr>
<tr><td rowspan="2">W</td><td>#20(E)</td><td colspan="2">初始化,初始值 = 0</td></tr>
<tr><td>#21(E)</td><td colspan="2">禁止调整 I/O 特性(初始值:1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">#22 ~ #28</td><td colspan="2">保留</td></tr>
<tr><td colspan="2">#29</td><td colspan="2">错误状态</td></tr>
<tr><td colspan="2">#30</td><td colspan="2">K3020 识别码</td></tr>
<tr><td colspan="2">#31</td><td colspan="2">保留</td></tr>
</table>

1）BFM#0 为输出模式选择缓冲寄存器。BFM#0 的每一位可根据需要对 FX2N-4DA 输出模式进行选择（电压型或电流型）。BFM#0 中应写入十六进制 4 位数字 H × × × ×，进行 DA 模块通道初始化。最低位数字代表通道 CH1，第二位数字代表通道 CH2，……，最高位数字代表通道 CH4，即：

最高位　　　　最低位　　× =0　设置电压输出模式（ -10 ~ 10V）
　|　　　　　　　|　　　× =1　设置电流输出模式（4 ~ 20mA）
H　×　×　×　×
　CH4　CH3　CH2　CH1　　× =2　设置电流输出模式（0 ~ 20mA）

例如，BFM#0 = H1102，说明如下：

CH1：设定为电流输出模式，0 ~ 20mA。

CH2：设定为电压输出模式，-10 ~ 10V。

CH3、CH4：设定为电流输出模式，4 ~ 20mA。

2）BFM#1 ~ BFM#4 为输出通道数据缓冲寄存器。BFM#1 ~ BFM#4 分别是通道 CH1 ~ CH4 输出通道数据缓冲寄存器，它们的初始值均为零。

3）BFM#5 为数据输出保持模式缓冲寄存器。当 BFM#5 = H0000 时，PLC 从“运行”进入“停止”状态，其运行时的数据被保留。若要复位以使其成为偏移量，则将“1”写入 BFM#5 中。例如 BFM#5 = H0011，说明通道 CH3、CH4 保持，CH1、CH2 为偏移值。即：

BFM　#5 = H　0　0　1　1　　× =0：　保持输出
　　　　　CH4　CH3　CH2　CH1　× =1：　复位到偏移值

4）BFM#8、BFM#9 为偏移和增益设置允许缓冲寄存器。对 BFM#8、BFM#9 写入一个十六进制数，将可能允许设置 CH1 ~ CH4 的偏移量与增益值。

例如：BFM　#8（CH2、CH1）　　　　BFM　#9（CH4、CH3）
　　H　×　×　×　×　　　　　　H　×　×　×　×
　　　G2　O2　G1　O1　　　　　　G4　O4　G3　O3

× =0：不允许设置；× =1：允许设置。

5）BFM#10 ~ BFM#17 为偏移量/增益值设定缓冲寄存器。BFM#10 ~ BFM#17 偏移量与增益值可以用 TO 指令来设定，写入数值的单位是 mV 或 μA。

6）BFM#20 为初始化设定缓冲寄存器。当 BFM#20 被设置为 1 时，FX2N-4DA 的全部设置变为默认值。

7）BFM#21 为 I/O 特性调整抑制缓冲寄存器。若 BFM#21 被设置为 2，则用户调整 I/O 特性将被禁止；如果 BFM#21 设置为 0，I/O 特性调整将保持；默认值为 1，即 I/O 特性允许调整。

8）BFM#29 错误状态显示见表 5-21，当产生错误时，利用 FROM 指令，读出错误数值。

表 5-21　BFM#29 错误状态显示

位号	名称	位 OFF(=1)	位 ON(=0)
b0	错误	当 b1 ~ b4 为 1,则错误	无错
b1	O/G 错误	存储器中偏移量/增益值不正常或设置错误	偏移量/增益值正常
b2	电源错误	DC 24V 错误	电源正常
b3	硬件错误	A/D 或其他硬件错误	硬件正常
b10	范围错误	数字输入后模拟输出超出正常范围	输入/输出值在正常范围
b12	G/O 调整禁止	BFM#21 设置不为 1	调整状态,BFM#21 = 1

9）BFM#30 的识别码。FX2N-4DA 的识别码为 K3020，PLC 可在数据传输前，用 FROM 指令读出特殊功能模块的识别码，确认是否正确。

5.5.3 FX2N-4DA 编程应用

1. 基本应用编程

FX2N-4DA 同 FX2N-4AD 一样，也是通过 FROM 和 TO 指令与 PLC 基本单元进行数据交换的。设 FX2N-4DA 特殊功能模块在 NO.1 位置，CH1、CH2 为电压输出通道（－10～10V），CH3 为电流输出通道（4～20mA），CH4 也为电流输出通道（0～20mA），PLC 在 STOP 状态时，输出保持。FX2N-4DA 的基本应用程序如图 5-35 所示。

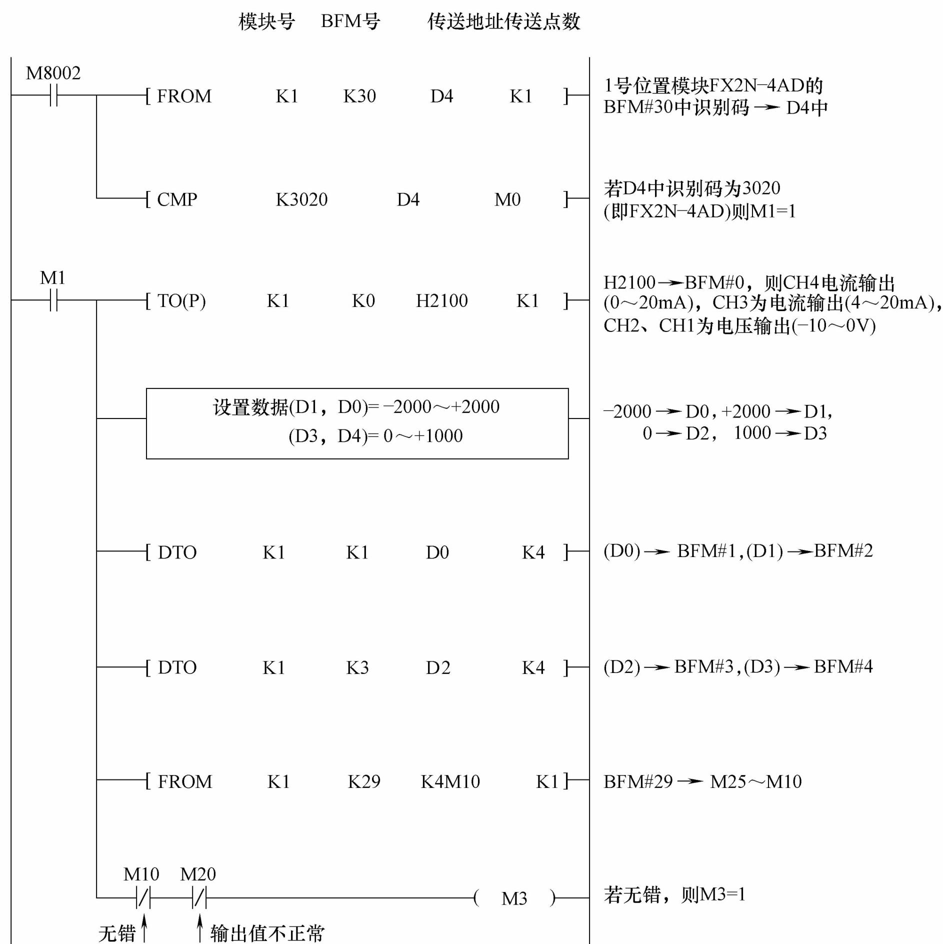


图 5-35 FX2N-4DA 的基本应用程序

2. I/O 特性调整的编程

设 FX2N-4DA 模块在 NO.1 位置，将通道 CH2 设为电流输出模式 1，偏移值为 7mA，增益值变为 20mA，CH1、CH3、CH4 设为标准的电压输出模式，调整 I/O 特性的程序如图 5-36所示。

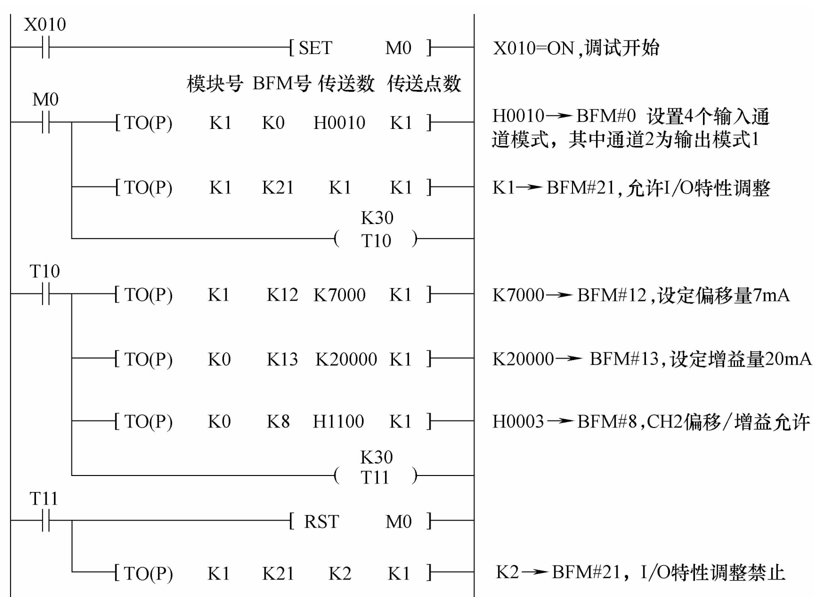


图 5-36　调整 I/O 特性的程序

5.6　思考与练习

习题 5.1　请回答如下问题

（1）模拟量模块是如何连入到 FX2N 主机模块中的？其模块地址是如何定义的？

（2）FX2N 的模拟量输入和输出分别采用什么指令？其指令含义是什么？

（3）FX0N-3A、FX2N-2AD、FX2N-4AD 的输入 BFM 含义有何区别？

（4）FX0N-3A、FX2N-2DA、FX2N-4DA 的输出 BFM 含义有何区别？

（5）分别画出 FX0N-3A、FX2N-2AD、FX2N-4AD 与外部输入传感器的接线？

（6）FX2N-4DA 输出要用到 0～10V，请问如何进行编程？

（7）为什么在模拟信号远传时应使用电流信号，而不是电压信号？

（8）为什么要对模拟信号的采样值进行平均值滤波？怎样选择滤波的参数？

（9）说明 FX2N-4AD 模拟量输入模块和 FX2N-4DA 模拟量输出模块的技术指标。

习题 5.2　现用 FX2N 系列的 PLC 与 FX0N-3A 的模块及温度传感器构成一个系统，锅炉温度的 0～1000℃对应温度传感器的 4～20mA 输出电流，锅炉控制示意如图 5-37 所示，且应当满足以下条件：

1）当温度 $t \leqslant 400$℃时，Y4 输出；

2）当温度 400℃ $< t <$ 800℃时，Y7 输出；

3）当温度 $t \geqslant 800$℃时，Y11 输出。

试编写 PLC 程序。

习题 5.3　如图 5-38 所示为 FX0N-3A 读取外部的模拟量的程序，请逐段解释程序的含义。

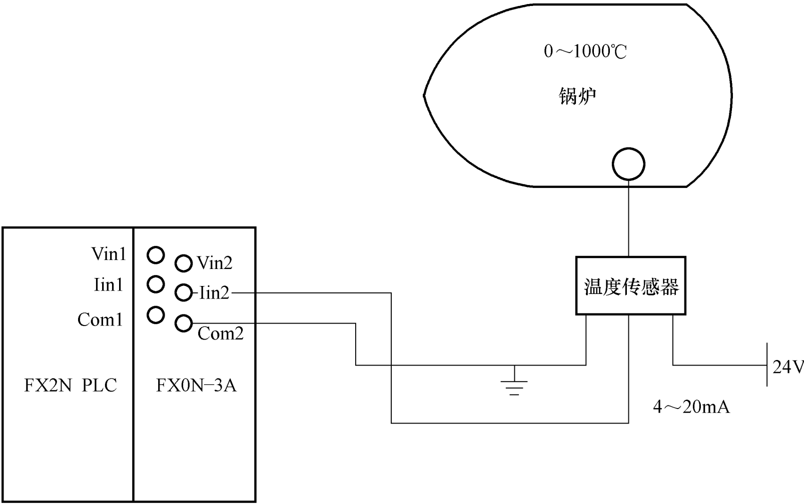


图 5-37 锅炉控制示意

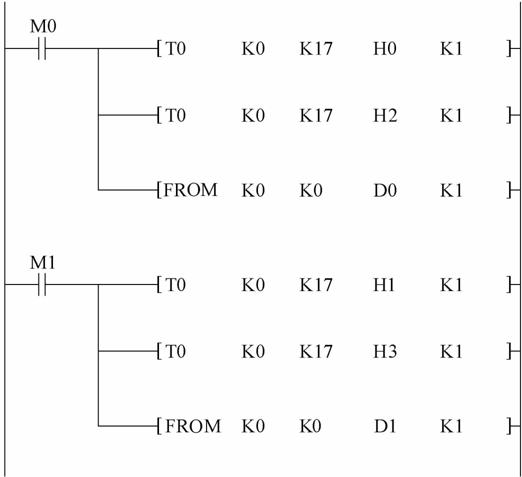


图 5-38 FX0N-3A 读取外部的模拟量的程序

习题 5.4 如图 5-39 所示为 FX0N-3A 将数字量转为模拟量的程序，请逐段解释程序的含义。

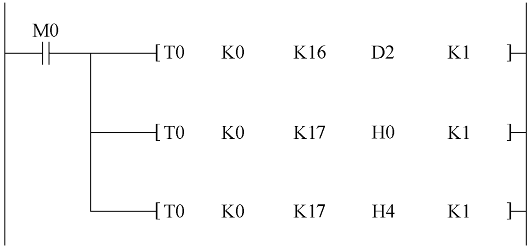


图 5-39 FX0N-3A 将数字量转为模拟量的程序

习题 5.5　如图 5-40 所示为某饮料灌装线，AP-32 为压力传感器，如果压力大于 0.2MPa 则认为饮料瓶无漏气，否则认为有问题。通过查询 AP-32 传感器说明书，设计合理的硬件连接线路，将 AP-32 传感器接入到 FX2N-2AD 或 FX2N-4AD 中，并编程。

习题 5.6　某供水系统中，需要通过泵的开关来控制出水压力恒定，具体为压力低于 0.28MPa 开启泵，压力高于 0.32MPa 则关闭泵，位于 0.28 ~ 0.32MPa 则保持原状态不变。其中，传感器选型为 0 ~ 8MPa 对应 4 ~ 20mA。请设计合理的硬件接线图（PLC 模拟量模块任选），并进行软件编程。

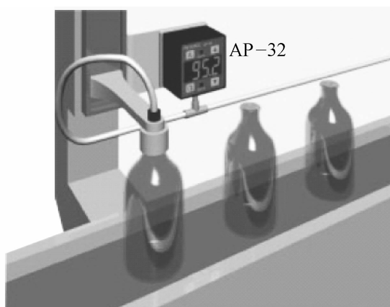


图 5-40　饮料灌装线

习题 5.7　FX2N-4AD 的通道 1 的量程为 4 ~ 20mA，通道 2 的量程为 −10 ~ 10V，通道 3、4 被禁止。模拟量输入模块的模块编号为 1，平均值滤波的周期数为 8，数据寄存器 D10 和 D11 用来存放通道 1 和通道 2 的数字量输出的平均值，试设计模拟量输入的程序。

第 6 讲　三菱 FX PLC 的通信控制

导读

计算机与 PLC、PLC 与 PLC 之间的信息交换，通常采用通信接口模块实现。若通信接口不够，要用通信扩展板来扩展通信口，若各个设备的接口不同，要采用通信用的适配器进行信息变换。利用三菱 FXPLC 基本单元上的 RS-232C 或 RS-422 通信接口，可以很容易地配置一个 PLC 与外部计算机进行通信的系统。该系统中 PLC 接收控制系统中的各种控制信息，分析处理后转化为 PLC 中软元件的状态和数据；PLC 又将所有软元件的数据和状态送入计算机，由计算机采集这些数据，进行分析及运行状态监测，用计算机改变 PLC 的初始值和设定值，从而实现计算机对 PLC 的直接控制。



应知

- 通信系统的基本组成、两种基本通信方式
- PLC 通信方式的构成和特点
- FX 系列 PLC 通信模块的特点和连接方式
- FX 系列 PLC 与 PC、PLC 和变频器通信的基本原理



应会

- FX PLC 不同通信模块的选用
- FX PLC 与 PC 的通信接线与编程
- 多台 FX PLC 之间的通信接线与编程
- FX PLC 与三菱变频器之间的通信接线与编程

6.1　通信入门

6.1.1　通信概述

PLC 与计算机通信近年来发展很快。在 PLC 与计算机连接构成的综合系统中，计算机主要完成数据处理、修改参数、图像显示、打印报表、文字处理、系统管理、编制 PLC 程序、工作状态监视等任务。PLC 仍然直接面向现场、面向设备，进行实时控制。PLC 与计算机的连接，可以更有效地发挥各自的优势，互补应用上的不足，扩大 PLC 的处理能力。

为了适应 PLC 网络化的要求，扩大联网功能，几乎所有的 PLC 厂家都为 PLC 开发了与上位计算机通信的接口或专用的通信模块。一般在小型 PLC 上都设有通信接口；在中大型 PLC 上都设有专用的通信模块。

6.1.2　通信系统的基本组成

PLC 通信是指 PLC 与计算机、PLC 与 PLC、PLC 与现场设备或远程 I/O 之间的信息交换。如 PLC 编程就是计算机输入程序到 PLC 及计算机从 PLC 中读取程序的简单 PLC 通信。无论是计算机还是 PLC，它们都属于数字设备，之间交换的数据（或称信息）都是“0”和“1”表示的数字信号，所以通常把具有一定编码要求的数字信号称为数据信息。很显然，PLC 通信是属于数据通信。

图 6-1 所示是通信系统的基本组成图，它分别由传送设备、发送器、接收器、传送控制设备（通信软件、通信协议）和通信介质（总线）等部分组成。

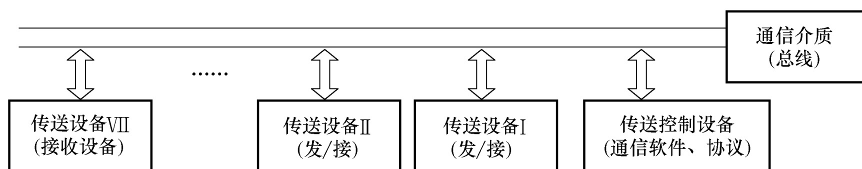


图 6-1　通信系统的基本组成图

传送设备至少有两个，其中有的是发送设备，有的是接收设备。对于多台设备之间的数据传送，有时还有主、从之分。主设备起控制、发送和处理信息的主导作用，从设备被动地接收、监视和执行主设备的信息。主从关系在实际通信时由数据传送的结构来确定。在 PLC 通信系统中，传送设备可以是 PLC、计算机或各种外围设备。

传送的控制设备主要用于控制发送与接收之间的同步协调，以保证信息发送与接收的一致性。这种一致性靠通信协议和通信软件来保证，通信协议是指通信过程中必须严格遵守的数据传送规则，是通信得以进行的法规。

6.1.3　通信方式

数据通信有两种基本方式：并行通信方式和串行通信方式。

1. 并行通信方式

并行通信方式是指传送数据的每一位同时发送或接收。并行通信示意如图 6-2 所示，表示 8 位二进制数同时从 A 设备传送到 B 设备。在并行通信中，并行传送的数据有多少位，传输线就有多少根，因此数据的速度很快。若数据的位数较多，传送距离较远，那么必然导致线路复杂，成本高。所以，并行通信不适合距离传送。

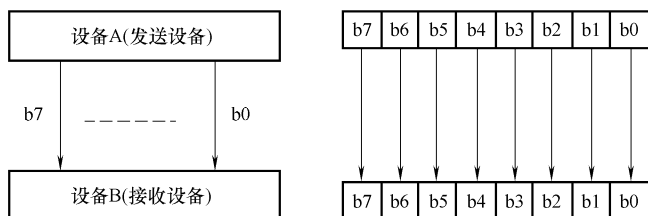


图 6-2　并行通信示意

2. 串行通信方式

串行通信方式是指传送的数据一位一位地顺序传送，如图 6-3 所示。传送数据时只需要 1 或 2 根传输线分时传送即可，与数据位数无关。串行通信虽然慢一点，但特别适合多位数据长距离通信。目前，串行通信的传输速率每秒可达兆字节的数量级。PC 与 PLC 的通信，PLC 与现场设备、远程 I/O 的通信，开放式现场总线（CC-Link）的通信均采用的是串行通信方式。

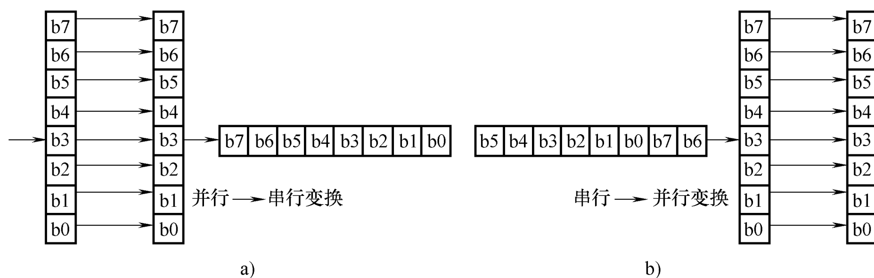


图 6-3　串行通信示意
a）发送数据　b）接收数据

（1）数据通信的方式

在串行数据通信中，按数据传送的方向可将通信分为单工、半双工和全双工三种方式，如图 6-4 所示。

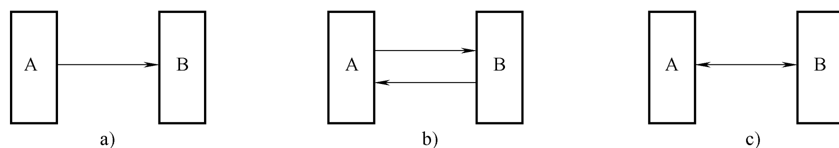


图 6-4　数据通信方式示意
a）单工通信　b）半双工通信　c）全双工通信

单工通信是指信息的传递始终保持一个固定的方向，不能进行反方向传送，线路上任一时刻总是一个方向的数据在传送。半双工是在两个通信设备中同一时刻只能有一个设备发送

数据，而另一个设备接收数据，没有限制哪个设备处于发送或接收状态，但两个设备不能同时发送或接收信息。全双工是指两个通信设备可以同时发送和接收信息，线路上任一时刻可有两个方向的数据在流动。

（2）异步通信方式

在串行通信方式中，为了保证发送数据和接收数据的一致性，又采用了两种通信技术，即同步通信和异步通信技术。异步通信是指将被传送的数据编码成一串脉冲，按照定位数（通常是按一个字节，8 位二进制数）分组，在每组数据的开始处的开始位加“0”标记，在末尾处加校验位“1”和停止位“1”标记。以这种特定的方式，一组一组发送数据，接收设备将一组一组地接收，在开始位和停止位的控制下，保证数据传送不会出错。串行异步通信方式示意如图 6-5 所示。

这种通信方式，每传一个字节都要加入开始位、校验位和停止位，传送效率低。这种方式主要用于中、低速数据通信。

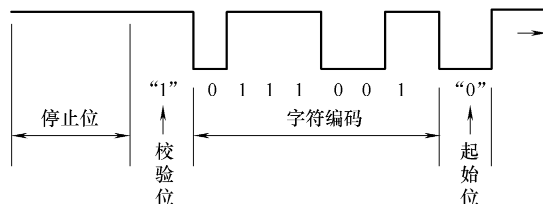


图 6-5 串行异步通信方式示意

（3）同步通信方式

同步通信方式与异步通信方式的不同之处在于它以数据块为单位。在每个数据块的开始处加入一个同步字符来控制同步，而在数据块中的每个字节前后不需加开始位、校验位和停止位标记，因而克服了异步传送效率低的缺点。同步传送所需要的软、硬件价格较贵，所以通常只在数据传送速率超过 20000bit/s 的系统中才使用。PLC 的通信方式常使用半双工或全双工异步串行通信方式。

6.1.4 通信介质

通信介质是信息传输的物质基础和重要渠道，是 PLC 与通用计算机及外部设备之间相互联系的桥梁。PLC 普遍使用的通信介质有：同轴电缆（带屏蔽）、双绞线、光纤等（见图 6-6）。PLC 对通信介质的基本要求是通信介质必须具有传输速率高、能量损耗小、抗干扰能力强、性价比高等特性。目前，同轴电缆和带屏蔽的双绞线在 PLC 的通信中广泛使用。

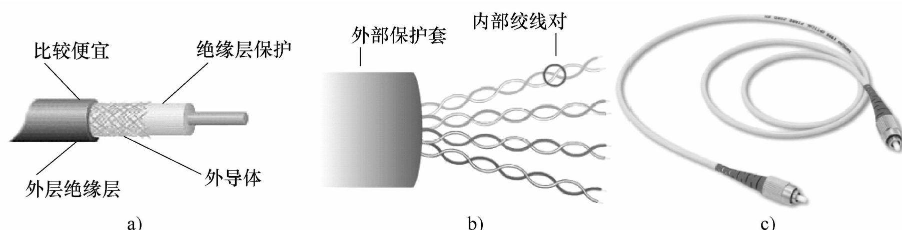


图 6-6 通信介质

a）同轴电缆 b）双绞线 c）光纤

此外，红外线、无线电、微波、卫星通信等在 PLC 通信中用得比较少。

6.1.5 PLC 的通信接口

FX 系列 PLC 的串行异步通信接口主要有 RS-232C、RS-422 和 RS-485 等。

1. RS-232C 通信接口

RS-232C 是美国电子工业协会（EIA）于 1962 年公布的一种标准化接口。“RS”是英文“推荐标准”的缩写；“232”是标识号；“C”表示此接口标准的修改次数。它既是一种协议标准，又是一种电气标准，规定通信设备之间信息交换的方式与功能。它采用按位串行通信的方式传送数据，波特率规定为 19200bit/s、9600bit/s、4800bit/s 等几种。

电气性能上，RS-232C 采用负逻辑，规定逻辑“1”电平在 -5 ~ -15V 范围内；逻辑“0”在 5 ~ 15V 范围内，具有较强的抗干扰能力。

机械性能上，RS-232C 接口是标准的 25 针的 D 型连接器，也有 9 针的。25 针的有时不会都用，简单的只需用 3 根，最复杂的已用到 22 根。图 6-7 所示是标准的 9 针接口外观与排列。标准的 9 针接口定义见表 6-1。

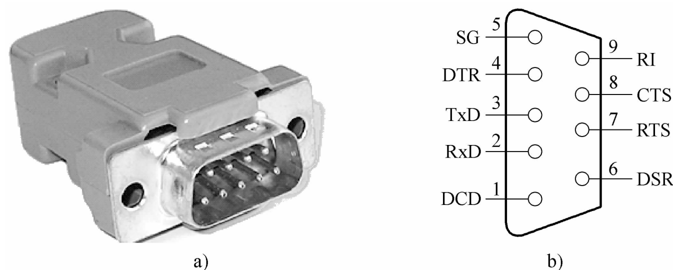


图 6-7 9 针接口外观与排列
a）外观 b）9 针排列

表 6-1 标准的 9 针接口定义

针脚	定 义	功 能	针脚	定 义	功 能
1	DCD	载波检测	6	DSR	数据准备好
2	RXD	接收数据	7	RTS	请求发送
3	TXD	发送数据	8	CTS	清除发送
4	DTR	数据终端准备好	9	RI	振铃提示
5	SG	信号地			

2. RS-422 通信接口

RS-422 通信接口是 EIA 于 1997 年推出的新接口标准 RS-499 的一个子集，它定义 RS-232 所没有的 10 种电路功能，规定用 37 脚的连接器。它采用差动发送、差动接收的工作方式，发送器、接收器使用 +5V 的电源，因此通信速率、通信距离、抗共模干扰等方面较 RS-232C 通信接口有较大的提高。使用 RS-422 通信接口，最大数据传输速率可达 10kbit/s，通信的距离可达 12 ~ 1200m。

3. RS-485 通信接口

RS-485 通信接口实际上是 RS-422 的变形，不同点在于 RS-422 为全双工，而 RS-485 为半双工。

6.1.6　通信协议

所谓通信协议就是数据通信时所必须遵守的各种规则和协议。通信协议是由国际上公认的标准化组织或其他专业团体集体制定的。国际化组织主要是由美国牵头的，目前有如下四家。

第一是国际标准化组织（International Standard Organization，ISO），由美国国际标准化组织与其他国家的标准化组织的代表所组成，是世界上著名的标准化组织之一，制定了开放式互相通信协议（Open System Interconnection，OSI）。

第二是国际电子电器工程师协会（Institute of Electrical and Electronic Engineer，IEEE），也是世界上著名的标准化专业组织之一，他们建立了 IEEE802 通信协议标准。

第三是美国高级研究院（Advanced Research Projects Agency，ARPA），它是美国国防部的标准化组织，主要开发了 TCP/IP 与 FTP 通信协议，这个协议已成为当今国际互联网（Internet）通信标准。

第四是美国通用汽车公司（General Motor，GM），该公司实力雄厚，工厂自动化走在世界前列，制定了制造自动化协议（Manufacture Automation Protocol，MAP），使不同厂家的 PLC、工控机、计算机、自动化仪表、设备和控制系统连成一个整体。MAP 是一个高效能、低价格的通信标准，是组成计算机制造的基本原则。目前，PLC 与上位机（计算机）之间的通信可以按照标准协议（如 TCP/IP）进行，但 PLC 之间、PLC 与远程 I/O 通信协议还没有标准化。

6.2　通信功能扩展板和通信模块

6.2.1　RS-232C 通信用功能扩展板与通信模块

1. FX2N-232BD

FX2N PLC 基本单元内可安装一块 FX2N-232BD 通信功能扩展板（见图 6-8），它的接口可与外部各种设备的 RS-232C 接口连接进行通信。FX2N-232BD 的传输距离为 15m，通信方式为全双工双向（2.00 版通信协议），最大传输速率为 19200bit/s。除了与各种 RS-232C 设备通信外，通过 FX2N-232BD，个人计算机的专用编程软件可向 FX2N PLC 传送程序，或通过它监视 PLC 的运行状态。图 6-9 所示是上位机监控系统。

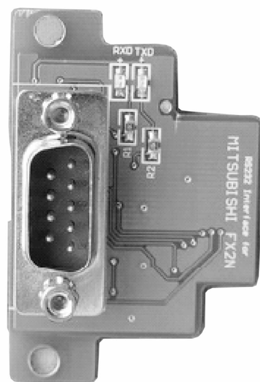


图 6-8　FX2N-232BD 外观

2. FX2N-232IF

图 6-10 所示是 FX2N-232IF 的外观，它是 RS-232C 通信接口模块，可以作为特殊模块扩展的 RS-232C 通信用接口，可以在通信中与扩展板一起使用（见图 6-11）。在传送和接收信息时，可对十六进制数和 ASCII 码自动换算。一台 FX2N 系列 PLC 上最多可连接 8 块 FX2N-232IF，它用光耦合器隔离，可用 FROM/TO 命令收发数据。

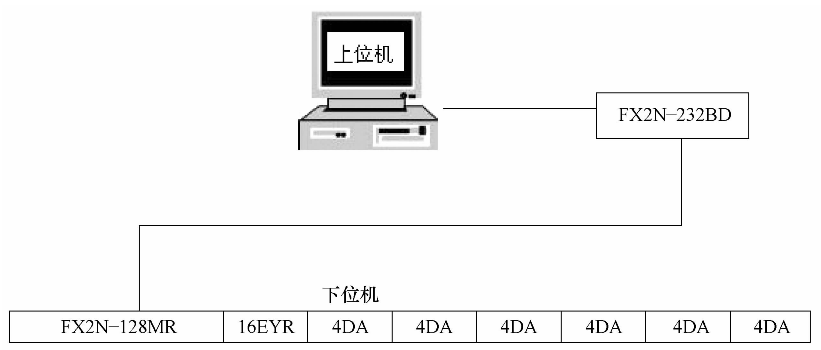


图 6-9 上位机监控系统

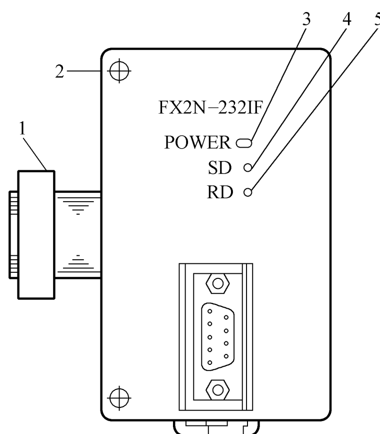


图 6-10 FX2N-232IF 的外观

1—扩展线 2—安装孔 3—电源指示灯 4—SD 指示灯 5—RD 指示灯

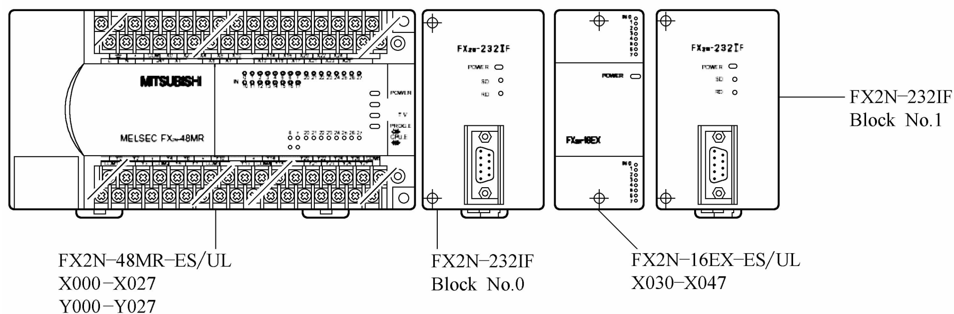


图 6-11 扩展使用案例

将 RS-232IF 通信接口模块和功能扩展板连接到 PLC 上，它作为具有 RS-232C 通信接口的特殊模块可与图 6-12 所示的个人计算机、打印机、条形码读出器等装有 RS-232C 的外部设备通信，通信时可使用 FX2N 的串行数据传送指令（FNC80，RS）。串行通信接口的波特率、数据长度、奇偶性等可由特殊数据寄存器（D8120）设置。

RS-232IF 通信接口模块最大传输距离为 15m，通信方式为全双工，最大传输速率为

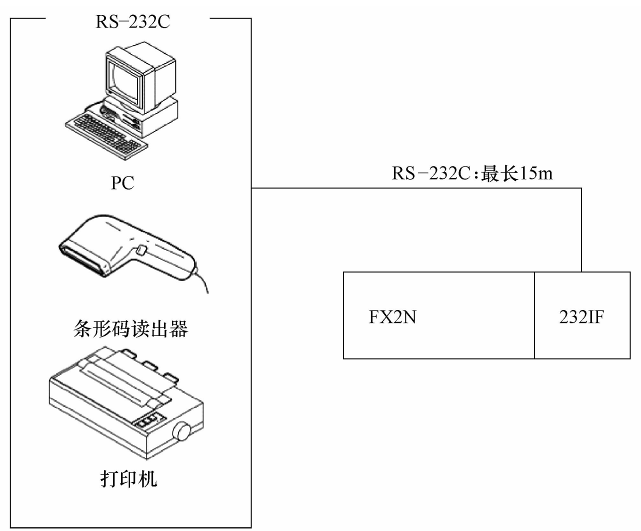


图 6-12 外部设备

19200bit/s，占用 8 个 I/O 点，与 PLC 通信需要用 FX2NC-CNV-IF 连接头转换适配器。

6.2.2 FX2N-422BD 通信功能扩展板

FX2N-422BD 是 RS-422 通信功能扩展板（见图 6-13），可以为 FX 系列 PLC 提供一个额外的 RS-422 通信端口，可与具有 RS-422 端口的外部设备通信。FX2N-422BD 可安装在 PLC 内，不需要外部安装空间，传送距离为 50m，通信方式为半双工，最大传输速率为 19200bit/s。



图 6-13 FX2N-422BD 外观

6.2.3 FX2N-485PC-IF 接口转换模块

FX2N-485PC-IF 是 RS-232C/RS-485 接口转换模块。若 PLC 是 RS-485 接口信号，可通过 FX2N-485PC-IF 转换为 RS-232C 信号，以便与 RS-232C 接口的计算机通信。一台计算机最多可与 16 台 PLC 通信，传送距离为 500m（RS-485，RS-422）/15m（RS-232C），通信方式为全双工，最大传输速率为 19200bit/s。

6.2.4 RS-485 通信用适配器和通信用功能扩展板

1. FX0N-485ADP 通信适配器

FX0N-485ADP 是 RS-485C 通信适配器，作为一种光电隔离型通信适配器，除了 FX2NC 之外的 PLC 之间都要用该适配器连接。FX0N-485ADP 适配器不用通信协议就能完成数据传输功能，传输距离为 500m，通信方式为半双工，最大传输速率为 19200bit/s（并联）。一台 FX0N 型 PLC 可安装一个 FX0N-485ADP（见图 6-14）。

2. FX2N-485BD 通信功能扩展板

FX2N-485BD 是 RS-485 通信接口功能扩展板（见图 6-15），不用通信协议，采用 RS 指令就可以完成外部设备间的数据传输功能，也可使用专用协议，由一台微机通过 FX2N-485BD 对指定的 PLC 进行数据传输，传输距离为 50m，最大传输速率为 19200bit/s（并联）。一台 FX2N PCL 内可以安装一块 FX2N-485BD 通信功能扩展板。

使用 FX2N-485BD 和 FX0N-485ADP，将计算机作为主站，通过 FX-485PC-IF 与 N 台 FX、A 系列 PLC（作为从站）进行连接，形成通信网络（即 1：N 连接），实现生产线、车间或整个工厂的监视和自动化。

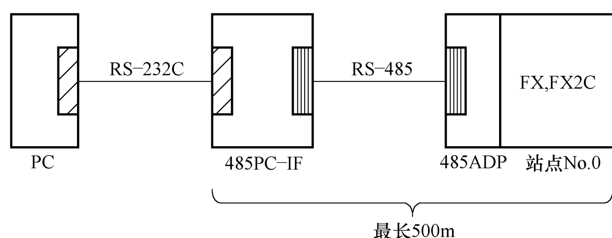


图 6-14　FX0N-485ADP 的安装

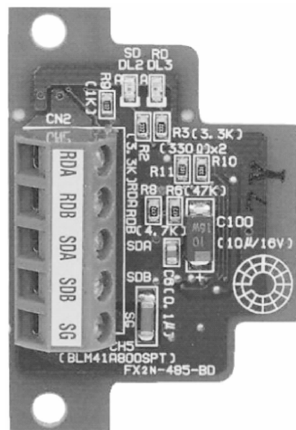


图 6-15　FX2N-485BD 通信功能扩展板

6.3　FX PLC 与 PC 之间的通信

6.3.1　FX PLC 与 PC 通信概述

PLC 与计算机通信是 PLC 通信中最简单、最直接的一种通信方式。目前，几乎所有种类的 PLC 都具有与计算机通信的功能。与 PLC 通信的计算机常称为上位计算机，PLC 与计算机之间的通信又叫上位通信。由于计算机直接面向用户，应用软件丰富，人机界面友好，编程调试方便，网络功能强大，因此在进行数据处理、参数修改、图像显示、打印报表、文字处理、系统管理、工作状态监视、辅助编程、网络资源管理等方面有绝对的优势；而直接面向生产现场、面向设备进行实时控制是 PLC 的特长。因此把 PLC 与计算机连接起来，实现数据通信，可以更有效地发挥各自的优势，互补应用上的不足，扩大 PLC 的应用范围。

PLC 与计算机通信后，在计算机上可以实现以下 8 个基本功能。

1）可以在计算机上编写、调试、修改应用程序。PLC 与计算机通信后，利用辅助编程软件，直接在计算机上编写梯形图或功能图或指令表程序，它们之间均可以互相转换。此外，还有自动查错、自动监控等功能。

2）可用图形、图像、图表的形式在计算机上对整个生产过程进行运行状态的监视。

3）可对 PLC 进行全面的系统管理，包括数据处理、生成报告、参数修改、数据查

询等。

4）可对 PLC 实施直接控制。PLC 直接接收现场控制信号，经分析、处理转化为 PLC 内部软元件的状态信息，计算机不断采集这些数据，进行分析与监测，随时调整 PLC 的初始值和设定值，实现对 PLC 的直接控制。

5）可以实现对生产过程的模拟仿真。

6）可以打印用户程序和各种管理信息资料。

7）可以利用各种可视化编程语言在计算机上编制多种组态软件。

8）由于 Internet 发展很快，通过计算机可以随时随地获得网上有用的信息和其他 PLC 厂家、用户的 PLC 控制信息，也可以将本地的 PLC 控制信息发送上网，实现控制系统的资源共享。

6.3.2　FX PLC 与 PC 的通信连接

PLC 与计算机通信主要是通过 RS-323C 或 RS-422 接口进行的。计算机上的通信接口是标准的 RS-232C 接口；若 PLC 上的通信接口也是 RS-323C 接口时，PLC 与计算机可以直接使用适配电缆进行连接，实现通信。直接通过 RS-232 口进行串行通信如图 6-16 所示。

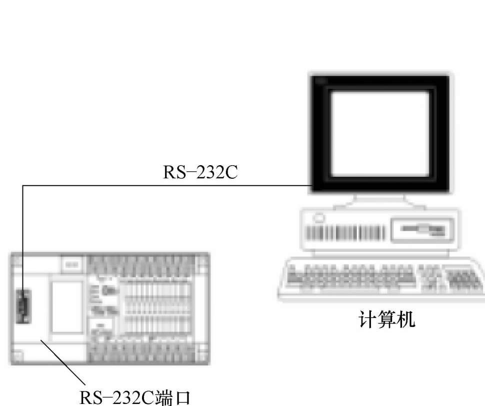


图 6-16　直接通过 RS-232 口进行串行通信

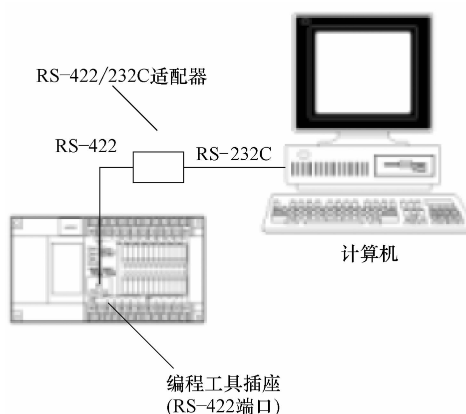


图 6-17　通过适配器进行通信

若 PLC 上的通信接口是 RS-422 时，必须在 PLC 与计算机之间增加一个 RS-232C/RS-422 的接口转换模块，再用电缆进行连接就可以实现通信。通过适配器进行通信如图 6-17 所示。RS-232C/RS-422 的接口转换模块可实现 RS-232C 信号和 RS-422 信号的相互交换，这类接口转换模块常用的有 SC-09 和 FX-232AW 通信模块，这些模块的结构简单、使用方便、性能可靠、价格低廉。

6.3.3　通信协议

FX 系列 PLC 与计算机之间的通信若采用的是 RS-323C 标准，数据交换格式为字符串方式，如图 6-18 所示。在字符串格式中，左边第一位是开始位；中间 7 位是数据位，必须用字符的 ASCII 来表示。这里所用到的字符与 ASCII 码的对应关系见表 6-2，右边 2 位分别是奇偶校验位（采用偶校验）和停止位。

在 FX 系列 PLC 与计算机的通信中，数据是以帧为单位发送和接收的，每一帧为 10 个字符。其中，控制字符 ENQ、ACK 或 NAK 可以构成单字符帧，其余的字符在发送或接收时必须用字符 STX 和 ETX 分别表示该字符帧的起始标志和结束标志，否则将不能同步，产生错帧。多字符传送时构成多字符帧，一个多字符帧由字符 STX、命令码、数据、字符 ETX 以及和校验值五部分组成，如图 6-19 所示。其中，和校验值是将命令码到 ETX 之间所有字符的 ASCII 码（十六进制数）相加，取所得和的最低二位数。命令码只有“0”、“1”、“7”、“8” 4 个数字，对应的功能为：“0” 表示读 PLC 软元件数据；“1” 表示写 PLC 软元件数据；“7” 表示对 PLC 软元件强制置 “1”；“8” 表示对 PLC 软元件强制置 “0”。命令码的主要操作对象是 PLC 的 X、Y、M、S、T、C 等软元件，“0”、“1” 还可以对数据寄存器 D 操作。

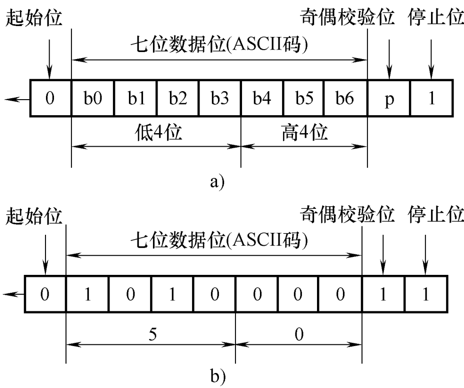


图 6-18　FX 系列与计算机之间通信的字符串格式
a）数据格式的规定　b）字符 ENQ（OSH）的格式

表 6-2　FX 系列 PLC 与计算机之间通信所用的字符与 ASCII 码对应关系

字符	ASCII 码	数据格式	注　释
ENQ	05H	1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0	来自计算机的查询信号
ACK	06H	1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0	无校验错误时，PLC 对 ENQ 的应答信号
NAK	15H	1 1 0 0 1 0 1 0 1 0	检测到错误时，PLC 对 ENQ 的应答信号
STX	02H	1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0	数据块的起始标记
ETX	03H	1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0	数据块的结束标记
0	30H	1 1 0 1 1 0 0 0 0 0	十六进制字符
1	31H	1 1 0 1 1 0 0 0 1 0	
2	32H	1 1 0 1 1 0 0 1 0 0	
⋮	⋮	⋮	
9	39H	1 1 0 1 1 1 0 0 1 0	
A	41H	1 1 1 0 0 0 0 0 1 0	
B	42H	1 1 1 0 0 0 0 1 0 0	
C	43H	1 1 1 0 0 0 0 1 1 0	
D	44H	1 1 1 0 0 0 1 0 0 0	
E	45H	1 1 1 0 0 0 1 0 1 0	
F	46H	1 1 1 0 0 0 1 1 0 0	

在 FX 系列 PLC 与计算机的通信中，PLC 始终处于一种“被动响应”的地位，无论是数据的读或写，都是先由计算机发出信号。开始通信时，计算机首先发送一个控制字符 ENQ 去查询 PLC 是否做好通信的准备，同时也可检查计算机与 PLC 的连接是否正确。当 PLC 接

收到该字符后，如果它处在RUN状态，则要等到本次扫描周期结束（即扫描到END指令）时才应答；如果它处在STOP状态，则马上应答。若通信正常，则应答字符为ACK；若通信有错，则应答字符为NAK。如果计算机发送一个控制字符ENQ，经过5s后，什么信号也没有收到，此时计算机将再发送第二次控制字符ENQ，如果还是什么信号也没有收到，则说明连接有错。当计算机接收到来自PLC的应答字符ACK后，就可以进入数据通信了。

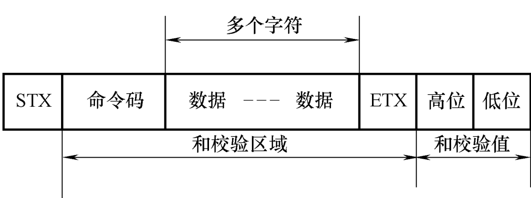


图6-19　多字符帧的组成

当计算机发送数据时，其RS-232C接口上的ER端为高电平，与其相连接的FX-232AW接口模块上的DR端也为高电平，表示计算机的数据就绪，PLC可以接收数据了。此时，PLC被强制处于接收数据状态。当计算机发送完数据后，必须将ER端置为低电平，保证计算机处在接收数据的状态，以读取PLC的应答信号。当计算机收到PLC的应答信号后，复位通信线路，表示本次通信完成。

6.3.4　编程实例

【实例1】　用VB编程语言实现PC对FX PLC内部元器件的读写。

（1）数据传输格式

FX系列PLC采用异步格式，由1位起始位、7位数据位、1位偶校验位及1位停止位组成，波特率为9600bit/s，字符为ASCII码。

（2）通信命令

FX系列PLC有4条通信命令，即读命令、写命令、强制通命令、强制断命令。表6-3中，X为输入继电器；Y为输出继电器；M为辅助继电器；S为状态元件；T为定时器；C为计数器；D为数据寄存器。

（3）报文格式

PC向PLC发送的报文格式见表6-4。其中，STX为开始标志；ETX为结束标志；CMD为命令的ASCII码：SUMH、SUML为从CMD到ETX按字节求累加和，溢出不计。由于每字节十六进制数变为两字节ASCII代码，故校验和为SUMH与SUMI。

PLC向PC发送的应答报文格式见表6-5。

表6-3　通信命令

命令	命令码	目标设备
读命令	0	X、Y、M、S、T、C、D
写命令	1	X、Y、M、S、T、C、D
强制通命令	7	X、Y、M、S、T、C
强制断命令	8	X、Y、M、S、T、C

表6-4　报文格式一

STX	CMD	数据段	ETX	SUMH	SUML

表6-5　报文格式二

STX	数据段	ETX	SUMH	SUML

（4）PC通信程序的编写

通信口初始化

MSComm控件简介：VB带有专门管理串行通信的MSComm控件。只需设置几个主要参

数就可以实现 PLC 与 PC 间的串行通信。要完成通信必须设置 MSComm 的相关属性值，即通信口初始化，其步骤如下：

※CoinmPort：设置或传回通信连接端口代号。

※Settings：设置初始化参数。以字符串的形式设置或传回连接速度、奇偶校验、数据位、停止位等 4 个参数。

※PortOpen：设置或传回通信连接端口的状态。

※Input：从输入寄存器传回并移除字符。

※Output：将一个字符串写入输出寄存器。

※InputLen：指定由串行端口读入的字符串长度。

※InBufferCount：传回在接收寄存器中的字符数。

用 VB6.0 编写的程序如下：

```
Private Sub Form_Load( )
commli. CommPort = 1
commli. Settings = "9600,e,7,1"
commli. InputLen = 0
commli. InputMode = comInputMode-
Text
commli. PortOpen = True
  If commli. PortOpen = True Then
    Label1. Caption = "打开串口"
    End If
End Sub
```

(5) 通信程序举例

首先，在窗体开始设计之前，添加 MSComm 控件和按钮、文本框、标签等。

1) PC 从 PLC 中读取数据。

假设 PC 要从 PLC 中读入从 D123 开始的 4 个字节的数据（占用两个数据寄存器：D123、D124），其报文见表 6-6。

根据三菱 FX 系列 PLC 编程口通信协议，地址算法为

address = address ×2 +1000h

将地址 123 转换成十六进制为 7Bh，因此首地址为

address = addressx2 +1000h =7Bhx2 +1000h =10F 6h

再转换成 ASCII 码为 31h，30h，46h，36h

校验和 SUM =30H +31H +30H +46H +36H +30H +34H +03H =174H，溢出部分不计，故 SUMH 为“7”，SUML 为“4”，相应的 ASCII 码为“37H”和“34H”。

PLC 的应答报文格式见表 6-7。

表 6-6 报文

开始	命令	首地址	位数	结束	和校验
STX	CMD	GROUP ADDRESS	BYTES	ETX	SUM
02h	30h	31h,30h,46h,36h	30h,34h	03h	37h,34h

表 6-7 PLC 的应答报文格式

STX	IST	DATE	1ST DATE	……	LAST DATE	SUM

用 VB6.0 编写的程序如下：

```
Private Sub Command2_Click( )
Dim OutString As String
Dim InString As String
commli. OutBufferCount =0
commli. InBufferCount =0
OutString = Chr( &H2) + "0" + "
10F604" + Chr( &H3) + "74"
commil. Output = OutString
Text2. Text = "发送数据:" + Out-
String
Do
    DoEvents
    Loop Until commli. InBufferCount
 =12
InString = commli. Input
Text2. Text = "返回数据:" + InString
End Sub
```

2）把数据写入 PLC。

例如，向 PLC 的 D123 数据寄存器写入数据“1234ABCD”的报文格式见表 6-8。

表 6-8 报文格式

开始	命令	首地址	位数	数据				结束	和校验
STX	CMD	GROUP ADDRESS	BYTES	1ST DATA	2ND DATA	……	LAST DATA	ETX	SUM
02h	31h	31h,30h,40h,36h	30h,34h	33h,34h,33h,43h,41h,43h				03h	34b,39h

其 VB6.0 程序如下：

```
Private Sub Command4_Click( )
Dim OutString As String
commli. OutBufferCount =0
commli. InBufferCount =0
OutString = Chr( &H2) + "1" + "
10F6041234ABCD" + Chr( &H3) + "49"
commli. Output = OutString
End Sub
```

3）控制 Y1 为 ON，其报文格式见表 6-9。

表 6-9 报文格式

开始	命令	地址	结束	和校验
STX	CMD	ADDRESS	ETX	SUM
02h	37h	30h,31h,30h,35h	03h	30h,30h

根据三菱 FX 系列 PLC 编程口内部地址表，Y1 的地址为 0501。用于强制时的位地址见表 6-10。

表 6-10 强制时的位地址

0500 ~ 050F	Y0 ~ Y17	0530 ⋮	Y60 ⋮
0510 ~ 051F	Y20 ~ Y37		
0520 ~ 052F	Y40 ~ Y57		
0530 ~ 057F	Y60 ~ Y177	057F	Y177

其 VB6.0 程序如下：

```
Private Sub Command7_Click( )
Dim OutString As String
commli. OutBufferCount = 0
commli. InBufferCount = 0
OutString = Chr( &H2) + "7" + "
0105" + Chr( &H3) + "00"
commli. Output = OutString
End Sub
```

6.4 FX PLC 与 FX PLC 之间的通信

6.4.1 多 PLC 的通信

1. PLC 与 PLC 之间的 RS-485 通信

在工业控制系统中，对于多控制任务的复杂控制系统，不可能单靠增大 PLC 点数或改进机型来实现复杂的控制功能，而是采用多台 PLC 连接通信来实现。PLC 与 PLC 之间的通信称为同位通信，又称为 N：N 网络。三菱 FX2N 系列 PLC 与 PLC 之间的系统连接如图6-20 所示。

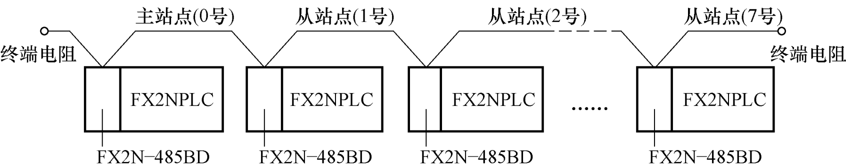


图 6-20 三菱 FX2N 系列 PLC 与 PLC 之间的系统连接

图 6-20 中 PLC 与 PLC 之间使用 RS-485 通信用的 FX2N-485 BD 功能扩展板或特殊适配器连接，可以通过简单的程序数据连接 2 ~ 8 台 PLC，这种连接又称为并联连接。在各站间，位软元件（0 ~ 64 点）和字软元件（4 ~ 8 点）被自动数据连接，通过分配到本站上的软元件，可以知道其他站的 ON/OFF 状态和数据寄存器数值。

应注意的是并联连接时，其内部的特殊辅助继电器不能作为其他用途。这种连接适用于

生产线的分布控制和集中管理等场合。

2. 通信时的数据寄存器

在图 6-20 中，0 号 PLC 称为主站点，其余称为从站点，它们之间的数据通信通过 FX2N-485BD 上的通信接口进行连接。站点号的设定数据存放在特殊数据寄存器 D8176 中，主站点为 0，从站点为 1 ~7，站点的总数存放在 D8177 中。N：N 网络通信中相关的标志与对应的辅助寄存器功能见表 6-11。

表 6-11　N：N 网络通信中相关标志与对应辅助寄存器功能

辅助继电器		特性	功　能	影响站点
FX0N/FX1S	FX1N/FX2N/FX2NC			
M8038	M8038	只读(R)	设置 N：N 网络参数	M(主)/L(从)
M504	M8183	只读(R)	当主站点有错误时，为 ON	L(从)
M505 ~ M511	M8184 ~ M8191	只读(R)	从站点产生错误时，为 ON	M(主)/L(从)
M503	M8191	只读(R)	与其他站点数据通信时，为 ON	M(主)/L(从)

从表 6-11 可以看出，在 CPU 出错或程序有错或在停止状态下，对每一站点处产生的通信，错误数目不能计数。此外，PLC 内部辅助寄存器与从站号是一一对应的。例如对 FX0S/FX1S 来说，第 1 从站是 M505，第 2 从站是 M506，……，第 7 从站是 M511。FX1N/FX2N/FX2NC 为：第 1 从站是 M8184，第 2 从站是 M8185，……，第 7 从站是 M8190。N：N 网络各数据寄存器功能及意义见表 6-12。D8176 为本站的站点号设置数据寄存器。若 D8176 中为 0，该站为主站点，若 D8176 =1 ~7，表示为从站点。

表 6-12　N：N 网络各数据寄存器功能及意义

数据寄存器		特性	功　能	站点响应
FX0N/FX1S	FX1N/FX2N/FX2NC			
D8173		R	存储自己的站点号	M/L
D8174		R	存储从站点的总数	M/L
D8175		R	存储刷新范围数	M/L
D8176		W	设置自己的站点号	M/L
D8177		W	设置从站点的总数	M
D8178		W	设置刷新范围数	M
D8179		W/R	设置重试次数	M
D8180		W/R	设置通信超时数	M
D201	D8210	R	存储当前网络扫描时间	M/L
D202	D8202	R	存储最大网络扫描时间	M/L
D203	D8203	R	主站点的通信错误数目	L
D204 ~ D210	D8204 ~ D8210	R	从站点的通信错误数目	M/L
D211	D8211	R	主站点的通信错误代码	L
D212 ~ D218	D8212 ~ D8213	R	从站点的通信错误代码	M/L
D219 ~ D255	—	—	不使用	

注：表中 R 为只读，W 为只写，M 为主站点，L 为从站点。

D8177为设定从站点总数数据寄存器。当D8177=1时，即为1个从站点；当D8177=2时，即为2个从站点；……；当D8177=7时，即为7个从站点；当不设定时，默认值为7。

D8178为设定刷新范围（0~2）数据寄存器。当D8178=0时，即为模式0；当D8178=1时，即为模式1；当D8178=2时，即为模式2。

模式0时，对于FX0N、FX1S、FX1N、FX2N、FX2NC PLC来说，第0~7号站点的软元件不刷新，而只对字软元件每站的4点刷新，即对第0号为D0~D3，第1号为D10~D13，……，第7号为D70~D73刷新。

模式1时，对FX1N、FX2N、FX2NC PLC来说，可对每站32点位软元件、4点字软元件的刷新范围刷新，即可对第0号站M1000~M1031、D0~D3，第1号站M1064~M1095、D10~D13，第2号站M1128~M1159、D20~D23，……，第7号站M1448~M1449、D70~D73刷新。

模式2时，对FX1N、FX2N、FX2NC PLC来说，可对每站64点位软元件、8点字软元件的刷新范围刷新，即可对第0号站M1000~M1063、D0~D7，第1号站M1064~M1127、D10~D17，……，第7号站M1448~M1511、D70~D77刷新。

三种模式刷新范围见表6-13。

D8179为重试次数数据寄存器，可设定0~10数值，默认值为3。D8180为通信超时设定数据寄存器。通信超时是主站点与从站点之间通信驻留时间，设定范围为5~55，默认值为5，乘以10（单位为ms），即为通信超时的持续时间。

表6-13　三种模式刷新范围

站点号		软元件号	
		位软元件(M)0点	字软元件(D)4点
模式0 (FX0N/FX1S/FX1N/FX2N/FX2NC PLC) 字软元件(D)4点	0号		D0~D3
	1号		D10~D13
	2号		D20~D23
	3号		D30~D33
	4号		D40~D43
	5号		D50~D53
	6号		D60~D63
	7号		D70~D73
模式1(FX1N/FX2N/FX2NC PLC)位软元件(M)32点,字软元件(D)4点	0号	M1000~M1031	D0~D3
	1号	M1064~M1095	D10~D13
	2号	M1128~M1159	D20~D23
	3号	M1192~M1223	D30~D33
	4号	N1256~M1287	D40~D43
	5号	M1320~M1351	D50~D53
	6号	M1384~M1415	D60~D63
	7号	M1448~M1479	D70~D73

（续）

站点号		软元件号	
		位软元件(M)0 点	字软元件(D)4 点
模式 2(FX1N/FX2N/FX2NC PLC)位软元件(M)64 点,字软元件(D)8 点	0 号	M1000 ~ M1063	D0 ~ D7
	1 号	M1064 ~ M1127	D10 ~ D17
	2 号	M1128 ~ M1191	D20 ~ D27
	3 号	M1192 ~ M1255	D30 ~ D37
	4 号	N1256 ~ M1319	D40 ~ D47
	5 号	M1320 ~ M1383	D50 ~ D57
	6 号	M1384 ~ M1447	D60 ~ D67
	7 号	M1448 ~ M1511	D70 ~ D77

6.4.2　编程实例

【实例 2】　图 6-21 所示为 3 台 FX2N 系列 PLC 采用 FX2N-485BD 内置通信板连接构成 N：N 网络。要求将 FX2N-80MT 设置为主站，从站数为 2，数据更新采用模式 1，重试次数为 3，公共暂停时间为 50ms。试设计满足下列要求的主站和从站程序。

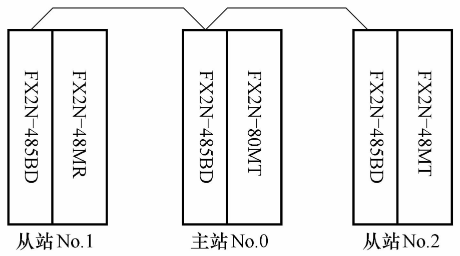


图 6-21　3 台 FX2N 系列 PLC 采用 FX2N-485-BD 内置通信板连接构成 N：N 网络

（1）主站 NO. 0 的控制要求

1）将主站的输入信号 X000 ~ X003 作为网络共享资源。

2）将从站 NO. 1 的输入信号 X000 ~ X003 通过主站的输出端 Y014 ~ Y017 输出。

3）将从站 NO. 2 的输入信号 X000 ~ X003 通过主站的输出端 Y020 ~ Y023 输出。

4）将数据寄存器 D1 的值作为网络共享资源；当从站 NO. 1 的计数器 C1 接点闭合时，主站的输出端 Y005 = ON。

5）将数据寄存器 D2 的值作为网络共享资源；当从站 NO. 2 的计数器 C2 接点闭合时，主站的输出端 Y006 = ON。

6）将数值 10 送入数据寄存器 D3 和 D0 中，作为网络共享资源。

（2）从站 NO. 1 的控制要求

首先进行站号的设置，然后完成以下控制任务：

1）将主站 NO. 0 的输入信号 X000 ~ X003 通过主站 NO. 1 的输出端 Y010 ~ Y013 输出。

2）将从站 NO. 1 的输入信号 X000 ~ X003 作为网络共享资源。

3）将从站 NO. 2 的输入信号 X000 ~ X003 通过从站 NO. 1 的输出端 Y020 ~ Y023 输出。

4）将主站 NO. 0 的数据寄存器 D1 的值作为从站 NO. 1 计数器 C1 的设定值；当从站 NO. 1 的计数器 C1 接点闭合时，使从站 NO. 1 的 Y005 输出，并将 C1 的状态作为网络共享资源。

5）当从站 NO. 2 的计数器 C2 接点闭合时，从站 NO. 1 的输出端 Y006 = ON。

6）将数值 10 送入数据寄存器 D10 中作为网络共享资源。

7）将主站 NO. 0 数据寄存器 D0 的值和从站 NO. 2 数据寄存器 D20 的值相加，结果存入从站 NO. 1 的数据寄存器 D11 中。

（3）从站 NO. 2 的控制要求

首先进行站号的设置，然后完成以下控制任务：

1）将主站 NO. 0 的输入信号 X000 ~ X003 通过从站 NO. 2 的输出端 Y010 ~ Y013 输出。

2）将从站 NO. 1 的输入信号 X000 ~ X003 通过从站 NO. 2 的输出端 Y014 ~ Y017 输出。

3）将从站 NO. 2 的输入信号 X000 ~ X003 作为网络共享资源。

4）当从站 NO. 1 的计数器 C1 接点闭合时，从站 NO. 2 的输出端 Y005 = ON。

5）将主站 NO. 0 数据寄存器 D2 的值作为从站 NO. 2 计数器 C2 的设定值；当从站 NO. 2 的计数器 C2 接点闭合时，使从站 NO. 2 的 Y006 输出，并将 C1 的状态作为网络共享资源。

6）将数值 10 送入数据寄存器 D20 中作为网络共享资源。

7）将主站 NO. 0 的数据寄存器 D3 的值和从站 NO. 1 数据寄存器 D10 的值相加，结果存入从站 NO. 2 的数据寄存器 D21 中。

在以上分析的基础上再分别完成该题的网络参数的设置、通信系统出现错误的提示、主站的控制程序和从站的控制程序。

1）N：N 网络通信参数的设置，主要由主站完成，不需要从站的参与，单站号的设置由每个站自己完成。本例中，N：N 网络通信参数的设置见表 6-14。对应的设计程序（写入 FX2N-80MT 主站中）如图 6-22 所示。

表 6-14　N：N 网络通信参数的设置

寄存编号	主站 NO. 0	从站 NO. 1	从站 NO. 2	说　　明
D8176	K0	K1	K2	PLC 站号的设置　①
D8177	K2			从站的数量设置　②
D8178	K1			数据的更新范围设置　③
D8179	K3			网络中的通信重试次数　④
D8180	K5			网络中的通信公共等待时间　⑤

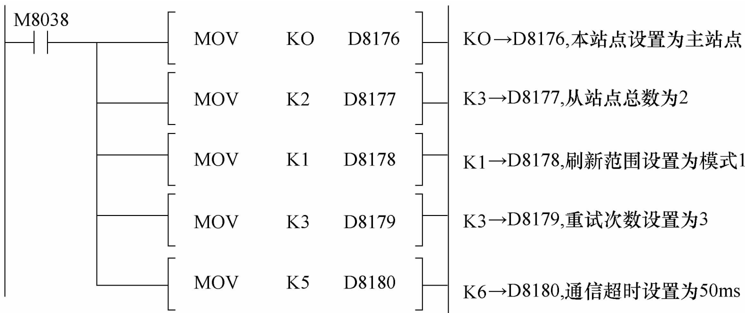


图 6-22　N：N 网络参数设计程序

2）通信系统的错误报警。由于 PLC 对本身的一些通信错误不能记录，因此该程序可写在主站和从站中，但不必在每个站中都写入该程序。网络通信错误的报警程序如图 6-23

所示。

3）主站和从站的控制程序。

主站NO. 0的控制程序如图6-24所示。从站NO. 1的控制程序如图6-25所示。从站NO. 2的控制程序如图6-26所示。

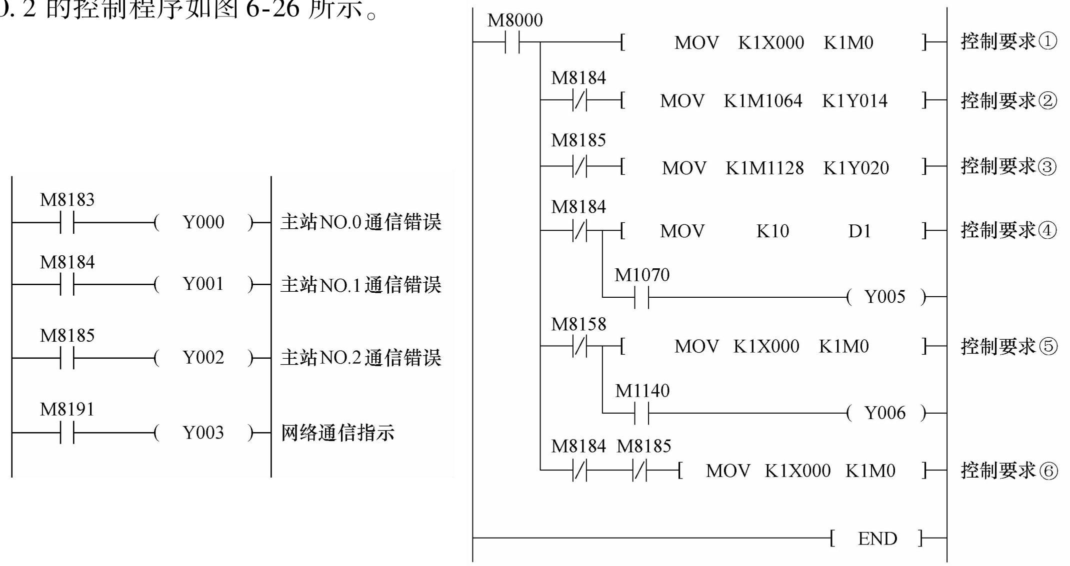


图6-23　网络通信错误的报警程序

图6-24　主站NO. 0的控制程序

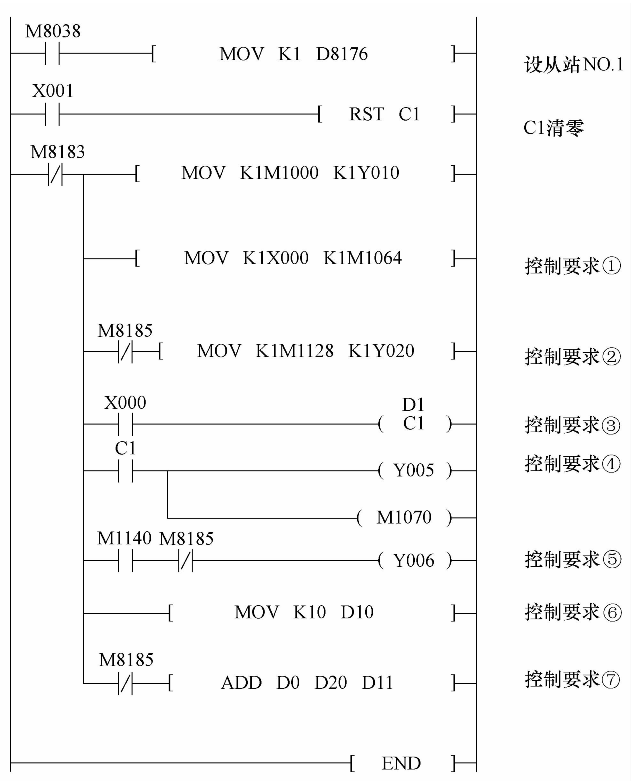


图6-25　从站NO. 1的控制程序

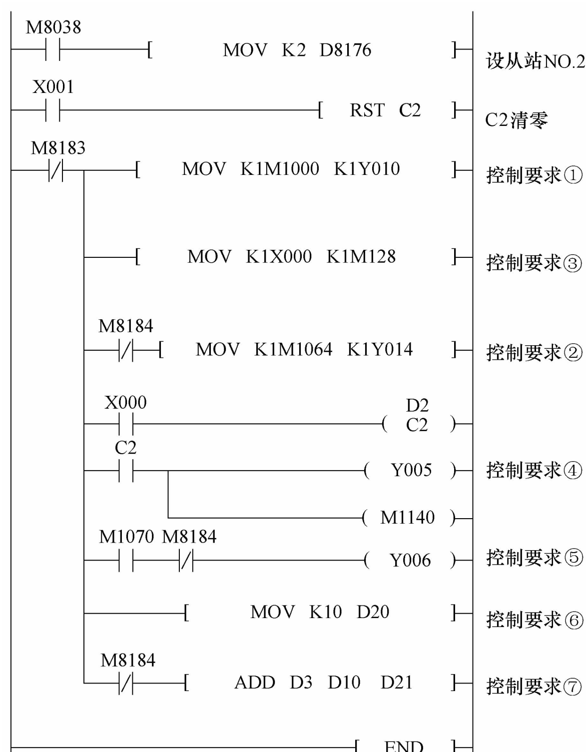


图 6-26 从站 NO. 2 的控制程序

6.5 FX PLC 与三菱变频器的通信

6.5.1 变频器的串口通信

变频器被广泛应用于工业控制现场的交流传动之中。通常变频器控制由操作面板来完成，也可通过输入外部的控制信号来实现。而目前在实际的应用中，变频器与控制器之间更趋于通过现场实时总线通信的方式来实现数据的交互，上位机可以通过 RS-232/RS-485 或现场总线实现通信。变频器的上位机控制如图 6-27 所示。

因此，变频器的通信设计通常是从两个层面去考虑：即通用的 RS-232/485 通信和现场总线通信。尽管现场总线与 RS-232/485 在物理接口上存在类似的概念，但在本质上是有区别的。

以往，PC 与智能设备通信多借助 RS-232、RS-485、以太网等方式，主要取决于设备的接口规范。但 RS-232/485 只能代表通信的物理介质层和链路层，如果要实现数据的双向访问，就必须编写通信应用程序，但这种程序多数都不能符合 ISO/OSI 的规范，只能实现较单一的功能，适用于单一设备类型，程序不具备通用性。在 RS-232 或 RS-485 设备联成的设备网中，如果设备数量超过两台，就必须使用 RS-485 作通信介质。RS-485 网的设备间要想互通信息只有通过“主（Master）”设备中转才能实现，这个主设备通常是 PC，而这种设备网中只允许存在一个主设备，其余全部是“从（Slave）”设备。而现场总线技术是以 ISO/

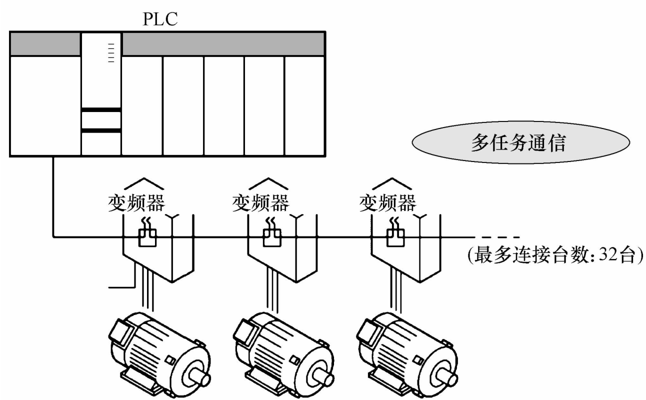


图 6-27　变频器的上位机控制

OSI 模型为基础的，具有完整的软件支持系统，能够解决总线控制、冲突检测、链路维护等问题。现场总线设备自动成网，无主/从设备之分或允许多主存在。在同一个层次上不同厂家的产品可以互换，设备之间具有互操作性。现场总线更是一种计算机网络，这个网络上的每一个节点就是一个智能化设备。它由网络通信、功能模块、对象字典和设备描述、网络管理、系统管理等部分组成。现场总线技术是 3C 技术（Computer、Control、Communication)，是从控制层发展到工艺设备现场的技术结果。

1. 组网方式

变频器可以采取如图 6-28 所示的组网方式进行通信。方式一为单主机多从机方式，方式二为单主机单从机方式。主机可以选用个人计算机、PLC、DCS；从机则指的是变频器。

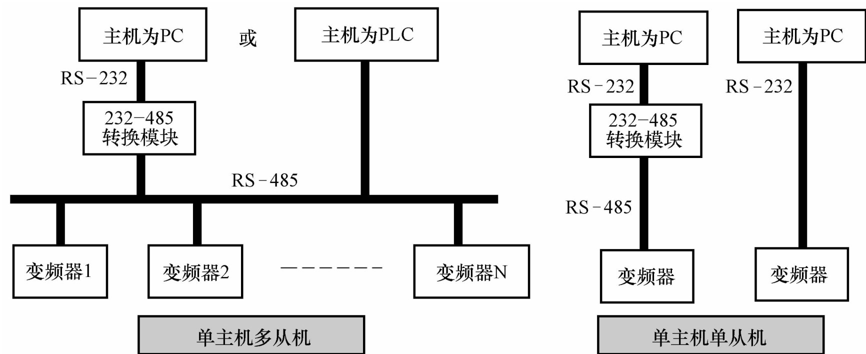


图 6-28　变频器的通信组网方式

2. 通信接口

通信接口一般包含接口方式、数据格式和波特率三种。

比如某变频器的接口方式定义为 RS-485 接口，且为异步半双工，数据格式根据校验方式的不同可以分为无校验、奇校验和偶校验三种，其他则均为 1 位起始位、8 位数据位和 1 位停止位。波特率可以是 300 ~ 38400bit/s 的一种。

3. 功能定义

（1）监视从机运行状态

包括从机的运行参数：当前运行频率、输出电压、输出电流、无单位显示量（运行转

速)、运行线速度、模拟闭环反馈、速度闭环反馈、外部计数值、输出转矩、供水变频器的压力反馈。

从机运行设定参数：当前设定频率、设定转速、设定线速度、模拟闭环设定、速度闭环设定、供水变频器的压力设定。

从机运行状态：I/O 状态、当前运行状态、供水变频器的外部端子状态、报警状态。

（2）控制从机运行

开机、停机、点动、故障复位、自由停车、紧急停车、设置当前运行频率给定、设置当前压力指令。

（3）读取从机的功能码参数值

（4）设置从机的功能码参数值

（5）系统配置和查询命令

配置从机当前运行设置、查询从机设备系列类型、输入并验证用户密码。

4. 通信方式

通信方式遵循以下原则：

1）变频器为从机，采用主机“轮询”和从机“应答”的点对点通信方式。主机使用广播地址发送命令时，从机不允许应答。

2）从机在最近一次对主机轮询的应答帧中上报当前故障信息。

6.5.2 MODBUS 总线

MODBUS 是通过 24 种总线命令实现 PLC 与外界的信息交换。具有 MODBUS 接口的 PLC 可以很方便地进行组态。MODBUS 传输协议定义了控制器可以识别和使用的信息结构，而不须考虑通信网络的拓扑结构。它定义了各种数据帧格式，描述了控制器访问另一设备的过程，怎样作出应答响应，以及可检查和报告的错误。

MODBUS 有两种传送方式，RTU（Remote Terminal Unit）方式和 ASCII 方式。MODBUS 以 LSB 在先的形式传送数字量，以 MSB 在先的形式传送模拟量。MODBUS 把通信参与者规定为“主站”（MASTER）和“从站”（SLAVE）。主站可向多个从站发送通信请求，最多可达 247 个从站。每个从站都有自己的地址编号。MODBUS 的 RTU 方式规定通信字符串的最后两个字节用于传递循环冗余校验数据。其校验方式是将整个字符串（不包括最后两个字节）的所有字节按规定的方式进行位移并进行 XOR（异或）计算。接收方在收到该字符串时按同样的方式进行计算，并将结果同收到的循环冗余校验的两个字节进行比较，如果一致则认为通信正确，如果不一致，则认为通信有误，从站将发送 CRC 错误应答。MODBUS 中 RTU 采用 CRC-16 的冗余校验方式。

控制器与 PLC 之间通信的内容主要包括主站对从站的读取和写入。MODBUS 规定：只有主站具有主动权，从站只能被动的响应，包括回答出错信息。

6.5.3 三菱 FX PLC 通过通信卡控制 3 台 A700 变频器

【实例 3】 某传动机构共有 3 台电动机（包括 M0、M1 和 M2），都由变频器来进行驱动，高速复卷机及其变频配置如图 6-29 所示。现要求对 3 台变频器进行通信控制，要求如下：

1）采用A700变频器的RS-485通信硬件，画出硬件解决方案；

2）上位机采用PLC，如三菱FX2N，请选择合适的硬件模块；

3）采用RS-485通信方式，进行合适的参数设置与PLC编程来满足高速控制的要求。

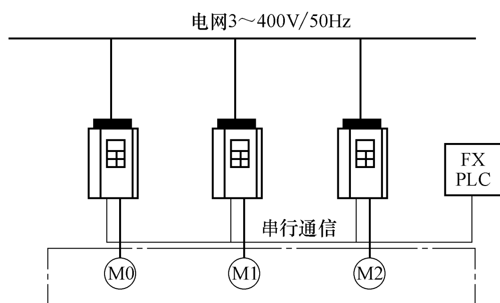


图6-29 高速复卷机及其变频配置

步骤①：熟悉A700变频器通信端子。

A700可以使用PU接口和RS-485端子与计算机、PLC等上位机进行通信。PU接口用通信电缆连接个人计算机与FA等计算机，用户可以用客户端程序对变频器进行操作，例如监视及读出参数、写入参数。

在三菱变频器协议（计算机链接运行）的情况下，可以通过PU接口和RS-485端子进行通信。而在MODBUSRTU协议的情况下，只能通过RS-485端子进行通信。图6-30所示为A700变频器通信接口。A700支持的RS-485通信项目与内容见表6-15。

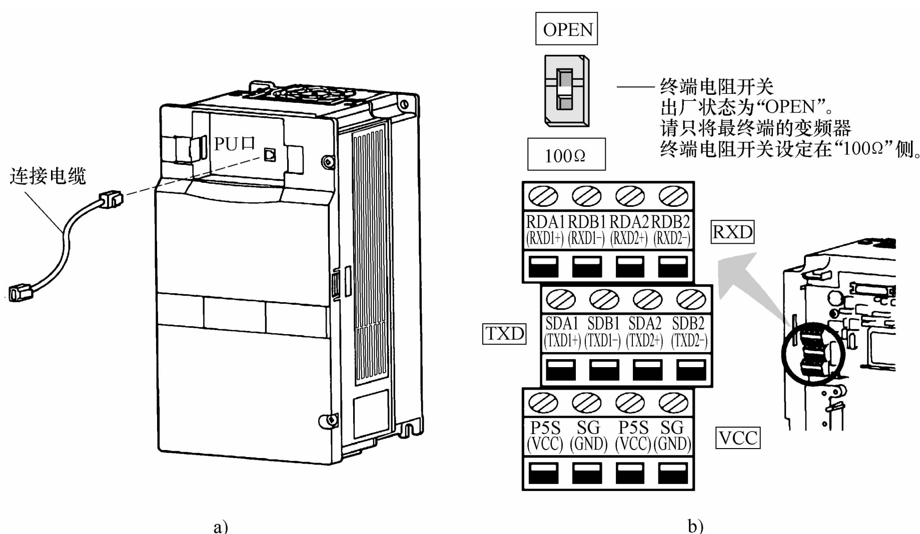


图6-30 A700变频器通信接口

a）PU接口 b）RS-485接口

步骤②：变频器PU口的接线与参数设置。

变频器的PU口是采用以太网线的RJ45插头相连接，因此可以使用两对导线连接，能将变频器的SDA与PLC通信板（FX2N-485BD）的RDA接，变频器的SDB与PLC通信板（FX2N-485BD）的RDB接，变频器的RDA与PLC通信板（FX2N-485BD）的SDA接，变频器的RDB与PLC通信板（FX2N-485BD）的SDB接，变频器的SG与PLC通信板（FX2N-485BD）的SG接。

三菱变频器PU口如图6-31所示。

表 6-15　A700 支持的 RS-485 通信项目与内容

项目		内　容
通信协议		三菱协议(计算机链接)
参照规格		E1A ~ 485(RS-485)
连接台数		1:N(最多 32 台),设定 0 ~ 31 站
通信速度	PU 接口	能够选择 4800/9600/19200/38400bit/s
	RS-485 端子	能够选择 300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400bit/s
控制步骤		起止同步方式
通信方法		半双工方式
通信规格	字符方式	ASCII(能够选择 7 位/8 位)
	起始位	1b 位
	停止位长	能够选择 1 位/2 位
	奇偶校验	能够选择有(偶数,奇数)无
	错误校验	求和校验
	终端连接器	CR/LF(能够选择有无)
等待时间设定		能够选择有无

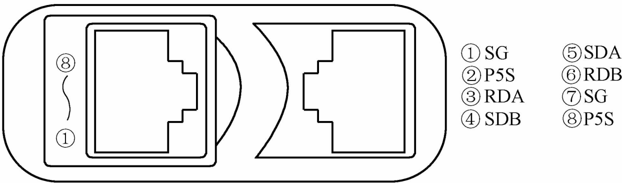


图 6-31　三菱变频器 PU 口

PLC 与变频器进行通信，通信规格必须在变频器的初始化中设定，如果没有进行初始设定或有一个错误的设定，数据将不能进行传输。而且每一次参数设定完之后，需要复位变频器（断电复位），否则将不能进行通信。A700 变频器 PU 口的相关参数设置情况见表 6-16。

表 6-16　A700 变频器 PU 口的相关参数设置情况

参数号	名称	设定值	说　明
Pr. 117	站号	0	设定变频器站号为 0
Pr. 118	通信速率	96	设定波特率为 9600bit/s
Pr. 119	停止位长/数据位长	11	设定停止位 2 位,数据位 7 位
Pr. 120	奇偶校验有/无	2	设定为偶校验
Pr. 121	通信再试次数	9999	即使发生通信错误,变频器也不停止
Pr. 122	通信校验时间间隔	9999	通信校验终止
Pr. 123	等待时间设定	9999	用通信数据设定
Pr. 124	CR,LF 有/无选择	0	选择无 CR,LF

步骤③：变频器 RS-485 端子的接线与参数设置。

A700 变频器能通过 RS-485 端子与上位机联系，其参数设置见表 6-17。

步骤④：变频控制的硬件设计

该传动系统的通信采用 PLC（带 485 通信卡的 FX2N-485BD）来进行，其硬件设计如图 6-32所示，通信采用 MODBUS RTU 协议。

表 6-17　RS-485 端子参数设置

参数号	名称	初始值	设定范围	内　　容
Pr. 331	RS-485 通信站号	0	0～31(0～247)	设定变频器站号
Pr. 332	RS-485 通信速率	96	3,6,12,24, 48,96,192,384	选择通信速率
Pr. 333	RS-485 通信停止位长	1	0,1,10,11	选择停止位长,数据长
Pr. 334	RS-485 通信奇偶校验选择	2	0,1,2	选择奇偶校验规格
Pr. 335	RS-485 通信再试次数	1	0～10,9999	设定发生数据接收错误后的再试次数允许值
Pr. 336	RS-485 通信校验时间间隔	0s	0	可以进行 RS-485 通信,切换到 NET 运行模式后,报警停止
			0. 1～999. 8s	设定通信校验时间间隔
			9999	不进行通信校验
Pr. 337	RS-485 通信等待时间设定	9999	0～150ms,9999	设定向变频器发送后直到返回的等待时间
Pr. 341	RS-485 通信 CR/LF 选择	1	0,1,2	选择有无 CR-LF
Pr. 549	协议选择	0	0	三菱变频器(计算机链接)协议
			1	MODBUS-RTU 协议

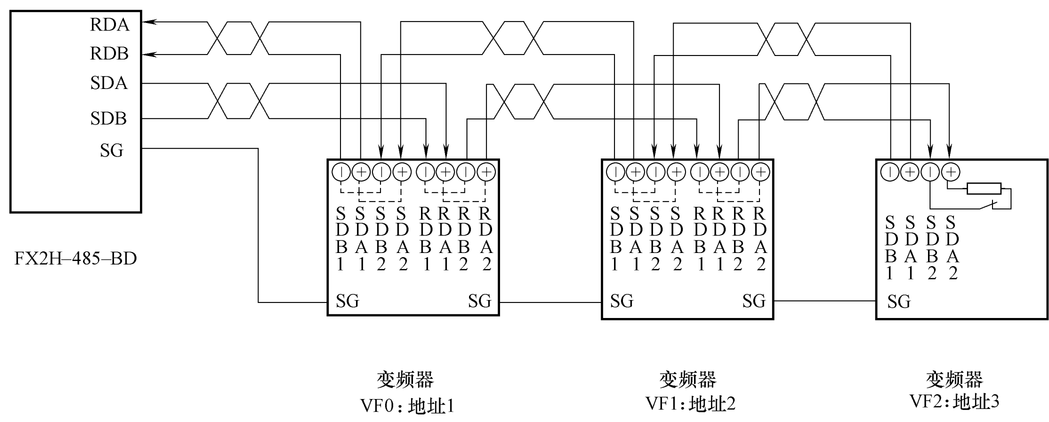


图 6-32　变频器通信硬件设计

变频器参数设置与 PLC 软件设计

1. 变频器参数设置

M0（地址号 1）的变频器参数设置见表 6-18，另外两台地址分别为 2 和 3，其他参数不变。进行 MODBUSRTU 协议通信时，Pr. 551 必须设置为 2，Pr. 340 设置为除 0 以外的值，Pr. 79 设置为 0 或 2 或 6。通过 RS-485 端子进行 MODBUS RTU 协议通信时，必须在 NET 网络模式下运行（见图 6-33）。PLC 与变频器进行通信时，通信规格必须在变频器中进行设定，每次参数初始化设定后，需复位变频器或通断变频器电源。

2. 三菱 PLC 的设置

对通信格式 D8120 进行设置：

D8120 设置值为 0C87，即数据长度为 8 位，偶校验停止位 1 位，波特率为 9600bit/s，无标题符和终结符。

表 6-18 M0（地址号 1）的变频器参数设置

参数代码	功能简述	设定数据
Pr. 331	通信站号	1(设定变频器站号为 1)
Pr. 332	通信速率	96(设定通信速度为 9600bit/s)
Pr. 332	停止位长	1(停止位长 1 位)
Pr. 334	奇偶校验	2(偶校验)
Pr. 539	通信校验时间	9999(不进行通信校验)
Pr. 549	协议选择	1(MODBUS RTU 协议)
Pr. 551	PU 模式操作权选择	2(PU 运行模式操作权作为 PU 接口)

修改 D8120 设置后，确保通断 PLC 电源一次。

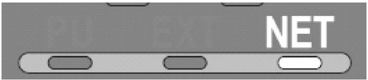


图 6-33 网络运行模式

3. 通信程序

以 VF0 变频器为例，采用 MODBUS RTU 协议。PLC 与变频器通信的程序如图 6-34 所示。

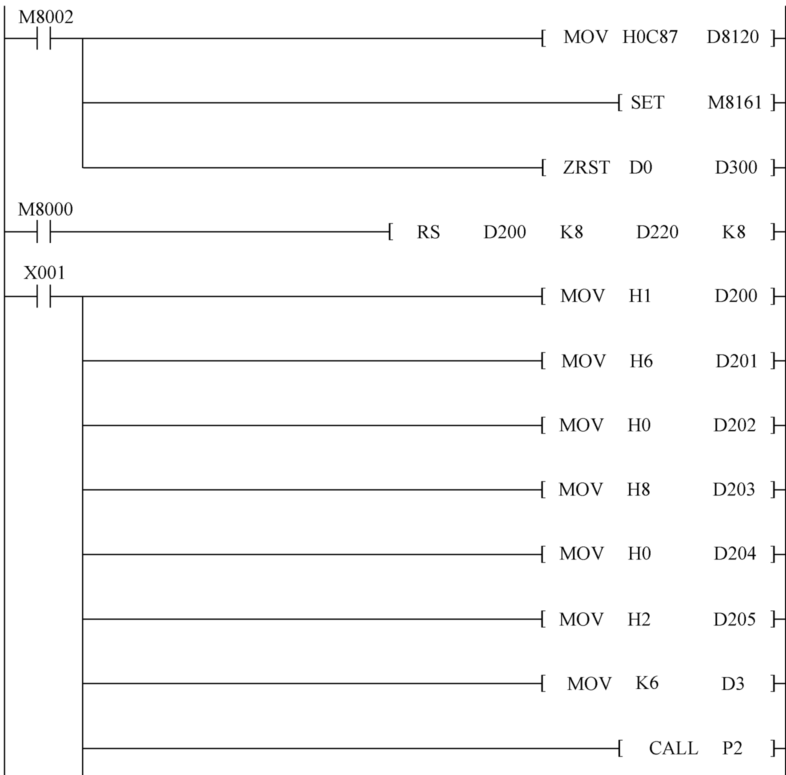


图 6-34 三菱变频器与 PLC 的通信程序

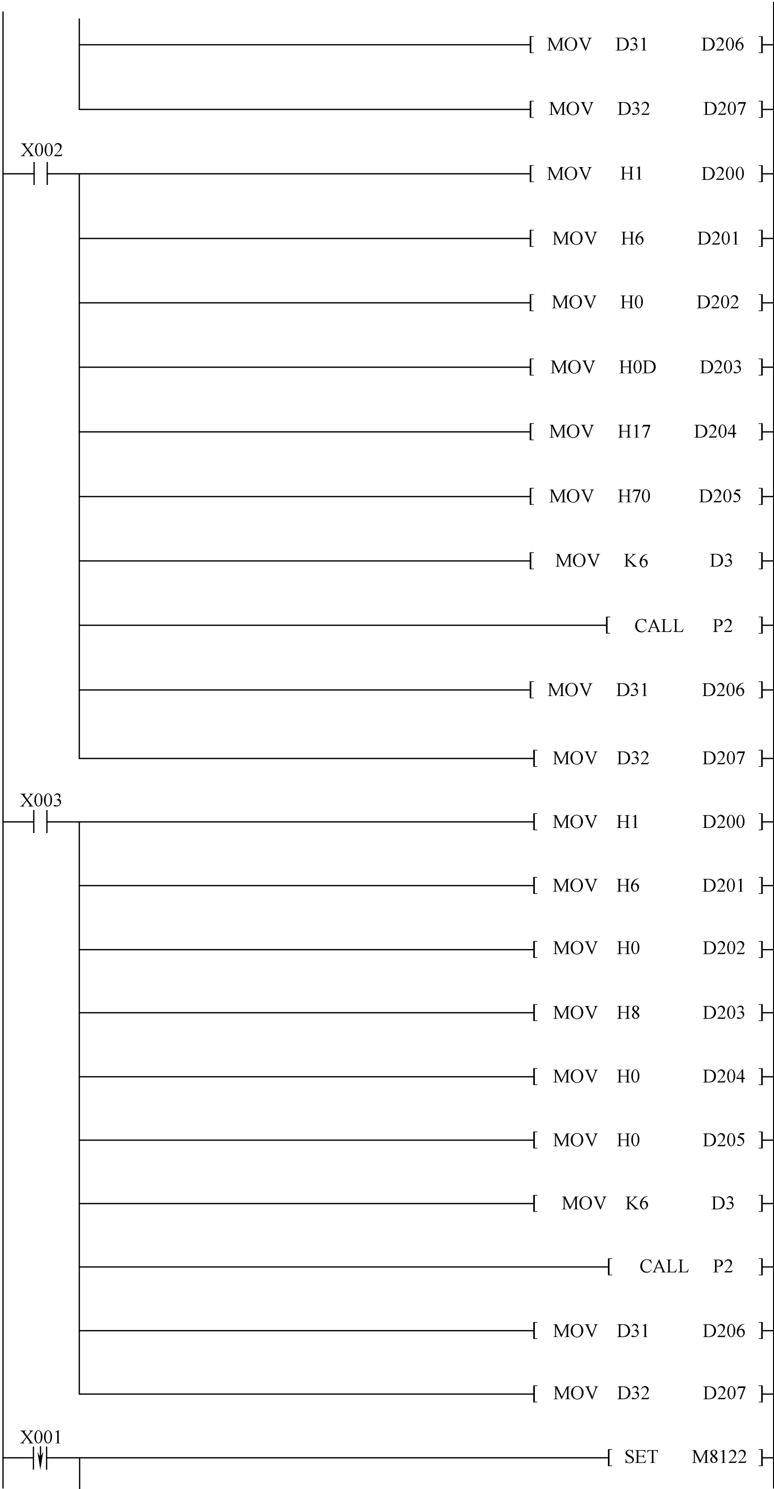


图 6-34　三菱变频器与 PLC 的通信程序（续）

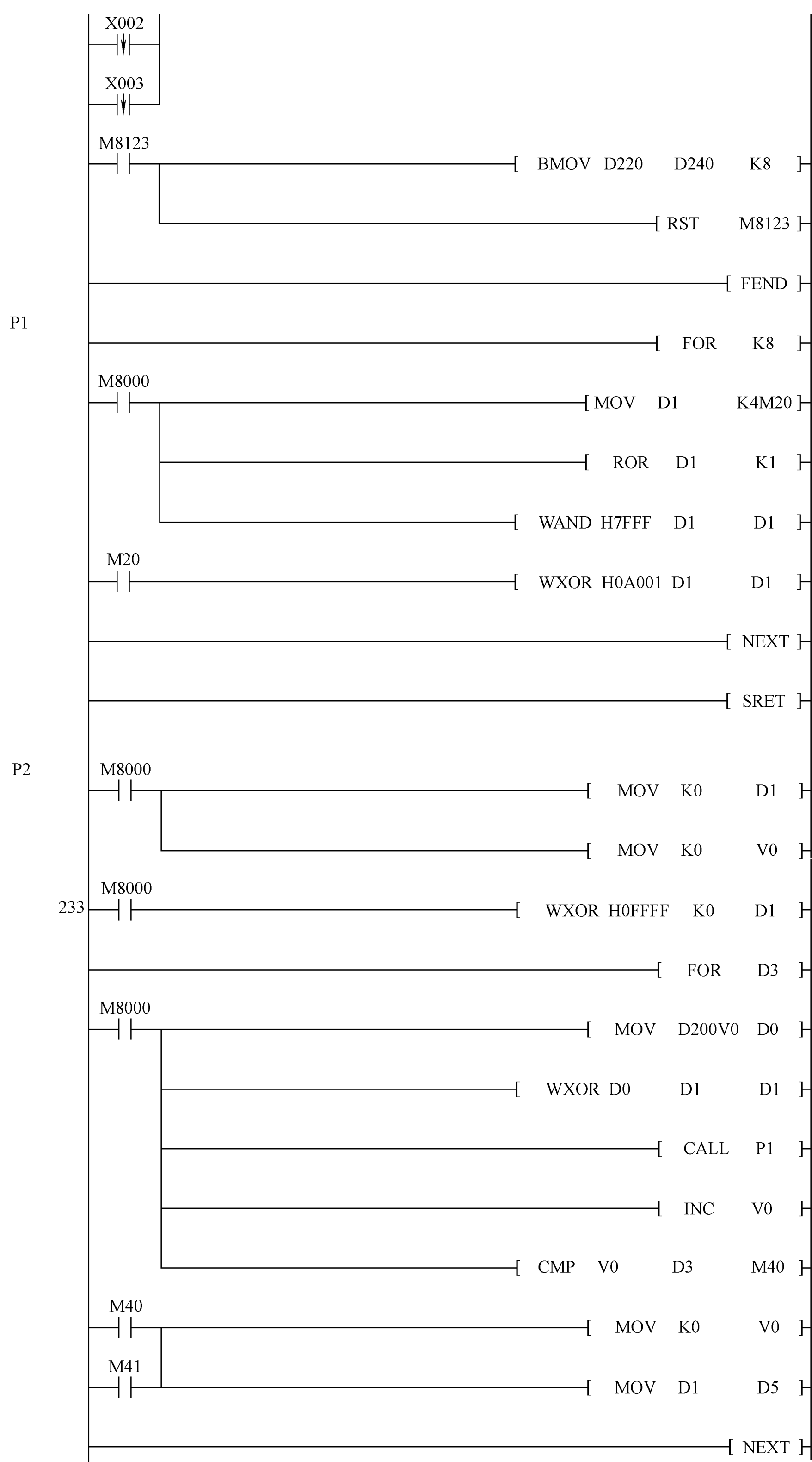


图 6-34 三菱变频器与 PLC 的通信程序（续）

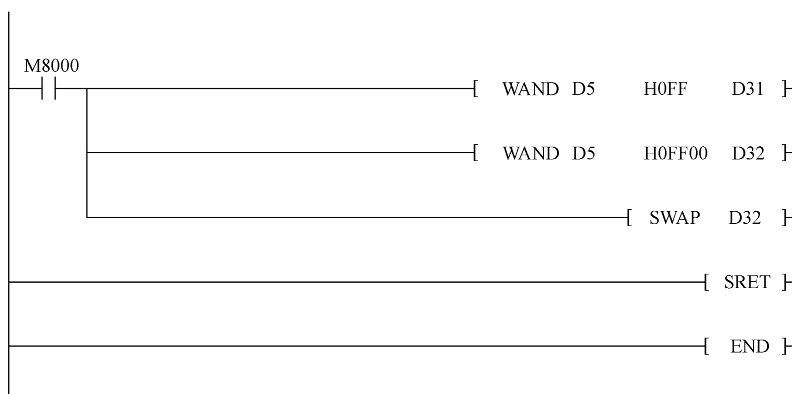


图6-34　三菱变频器与PLC的通信程序（续）

程序说明：

1）当X1接通一次后，变频器进入正转状态。

2）当X2接通一次后，写入变频器运行频率60Hz。

3）当X3接通一次后，变频器进入停止状态。

在指令中，变频器指令地址为0时，为广播指令，所有从站变频器只接收PLC发出的指令，不向主机发送响应信息。

6.6　思考与练习

习题6.1　简要回答以下问题

（1）通信系统的基本组成是什么？

（2）通信方式有哪些？

（3）三菱FX PLC常见的通信模块有哪些？其特点是什么？

（4）三菱FX PLC如何与PC相连？

（5）三菱FX PLC与FX PLC如何相连？

（6）三菱FX PLC与三菱A700变频器怎样接线？

习题6.2　请用VB做一个界面，可以读取下位机FXPLC的I/O状态。

习题6.3　请用两台FX2N PLC进行通信连接，列出合适的通信模块清单，画出接线图，同时进行编程，且实现以下功能：

（1）1#PLC的X1接通，则2#PLC的Y1-Y5灯亮；

（2）1#PLC的X1关闭，则2#PLC的Y1-Y5灯延时10s关闭；

（3）2#PLC的X1接通时，2#PLC的Y1-Y5不受1#PLC控制。

习题6.4　请用FX2N PLC对三菱A700变频器进行通信控制，要求实现如下功能：

（1）X1控制变频器运行，即X1=ON时变频器运行，否则变频器停止；

（2）X2接通时，变频器的频率增加，直到50Hz；

（3）X3接通时，变频器的频率减少，直到10Hz。

附录　维修电工题库（三菱 PLC 部分）

一、判断题

1. PLC 由 STOP 到 RUN 的瞬间接通一个扫描周期的特殊辅助继电器是 M8000。（×）

2. 在任何情况下 RST 指令优先执行。（✓）

3. 使用 STL 指令编写梯形图允许双线圈输出。（×）

4. 输入继电器编号 X 采用十进制。（×）

5. 输出继电器 Y 在梯形图中可出现触点和线圈，触点可使用无数次。（✓）

6. SET 和 RST 指令同时出现时，RST 优先执行。（✓）

7. 每个定时器都有常开触点和常闭触点，这些触点可使用无限次。（✓）

8. 普通计数器无断电保护功能，掉电计数器具有断电保护功能。（✓）

9. 32 位增减计数器其计数方式由特殊辅助继电器 M8200 ~ M8234 的状态决定，当特殊辅助继电器状态为 OFF 时，32 位增减计数器为减计数器。（×）

10. 一个顺序功能图中至少应该有一个初始步。（✓）

11. 在顺序功能图中当某步是活动步时，该步所对应的非保持性动作被停止。（×）

12. RET 指令称为"步进返回"指令，其功能是返回到原来左母线位置。（✓）

13. 只具有接通或者断开两种状态的元件叫字元件。（×）

14. FX 系列 PLC 的数据寄存器全是 16 位，最高位是正负符号位，1 表示正数，0 表示负数。（×）

15. 多个跳转指令不可以使用同一个标号。（×）

二、选择题

1. 使用 ADD 指令时，若相加结果为 0 则零标志位 M800 =（B）。

A. 2　　B. 0　　C. 1　　D. 5

2. 16 位数乘法运算，源操作数 S1、S2 是 16 位，目标操作数 D 占用（C）。

A. 10　　B. 16　　C. 32　　D. 1

3. INC 指令的计算结果（B）零标志位 M8020。

A. 影响　　B. 不影响　　C. 是　　D. 不是

4. WAND 指令的功能是将两个源操作数的数据进行（C）进制按位相"与"，并将结果存入目标操作数。

A. 十　　B. 八　　C. 二　　D. 十六

5. WXOR 指令的功能是将两个源操作数的数据进行二进制按位相（D）运算。

A. 与非　　B. 与或　　C. 与　　D. 异或

6. END 指令是指整个程序的结束，而 FEND 指令是表示（C）的结束。

A. 语句　　B. 子程序　　C. 主程序　　D. 主程序和子程序

7. 循环指令 FOR、NEXT 必须（A）出现，缺一不可。

A. 成对　　B. 单独　　C. 不　　D. 多次

8. 在使用比较指令编程序时，要清除比较结果，可用 ZRST 或（C）指令。

A. RET　　B. END　　C. RST　　D. SET

9. 比较指令符号是 CMP，而区间比较指令是（B）。

A. FOR　　B. ZCP　　C. LD　　D. AND

10. 用二进制形式反映十进制关系的代码叫（D）码。

A. 二进制　　B. 十进制　　C. 十六制　　D. BCD

11. 可以产生 1s 方波振荡时钟信号的特殊辅助继电器是（B）。

A. M8002　　B. M8013　　C. M8034　　D. M8012

12. SET 和 RST 指令都具有（B）功能。

A. 循环　　B. 自锁　　C. 过载保护　　D. 复位

13. 计数器除了计数端外，还需要一个（D）端。

A. 置位　　B. 输入　　C. 输出　　D. 复位

14. 状态流程图（顺序功能图）由步、动作、有向线段和（B）组成。

A. 转换　　B. 转换条件　　C. 初始步　　D. 触点

15. 运行监控的特殊辅助继电器是（C）。

A. M8002　　B. M80013　　C. M8000　　D. M8011

16. 由于交替输出指令在执行中每个扫描周期输出状态翻转一次，因此采用脉冲执行方式，即在指令后缀加（B）。

A. L　　B. P　　C. F　　D. R

17. 功能指令中的 CJ 是（B）指令。

A. 主控　　B. 跳转　　C. 中断　　D. 与

18. M0 是（A）辅助继电器。

A. 通用　　B. 断电保持　　C. 特殊　　D. 计数

19. 与系统的初始状态相对应的步为初始步，每一个功能图中至少有（A）个初始步。

A. 1　　B. 3　　C. 2　　D. 5

20. 顺序功能图中，步之间实现转换应该具备的条件是转换条件满足和（B）。

A. 一个前级步为活动步　　B. 所有前级步为活动步

C. 前一步为活动步　　D. 后一步为活动步

21. 顺序功能图中两步之间绝对不能直接连接，必须用（A）个转换将它们隔开。

A. 1　　B. 2　　C. 3　　D. 5

三、填空题

1. PLC 的编程语言有顺序功能图、梯形图、功能块图、指令表和结构文本。

2. 输入继电器 X 和输出继电器 Y 的元件编号采用十进制。

3. M8000 为运行监视特殊辅助继电器，M8002 为初始化脉冲特殊辅助继电器。

4. T1 设定值 K10，设定时间是1s。

5. PLC 采用逐行循环扫描串行工作方式，每扫描周期包含输入采样、程序执行和输出刷新 3 个阶段。

6. PLC 常采用的编程语言是梯形图和指令表。

四、问答题

1. 顺序功能图中转换实现的基本规则是什么?

答：1）转换实现必须满足两个条件：该转换所有的前级步都是活动步；相应的转换条件得到满足。2）转换实现应完成的操作：所有的后续步变为活动步；所有的前级步变为不活动步。

2. 在使用 STL 指令编程的梯形图中，STL 触点驱动的电路块具有的 3 个功能是什么?

答：1）对负载的驱动；2）指定转换条件；3）指定转换目标。

五．设计题（答案略）

1. 三台交流异步电动机分别是冷却电动机 M1、液压电动机 M2 和加工电动机 M3。要求：起动顺序是 M1—M2—M3，停止顺序是 M3—M2—M1；前级电动机停后级电动机必停。画出其电气控制图并加以说明。

2. 画出三相异步电动机 /△降压起动控制梯形图，并写出指令表。

3. 使用置位指令 SET 与复位指令 RST 进行以下编程：

当 X14 = ON 时要求：1）$T \geq 2$s，Y0 = ON；2）3s $\leq T \leq$ 4.5s 时，Y1 = ON；3）$T < 3$s 或 $T > 4.5$s 时，Y2 = ON；4）$T < 6$s 时，Y3 = ON。

4. PLC 控制两种液体自动混合的设计，并进行安装与调试（见图 A.1）。

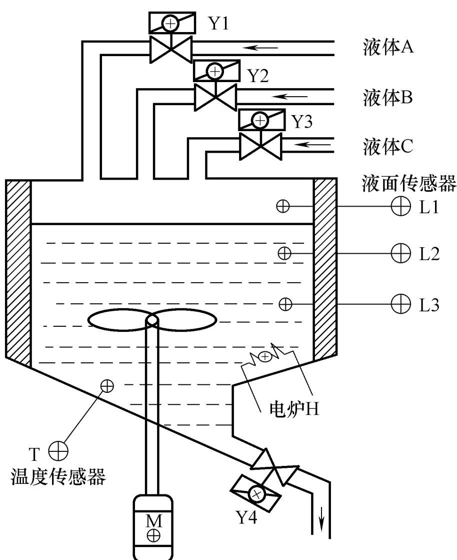


图 A.1　液体自动混合装置

（1）初始状态：Y1、Y2、Y3、Y4 电磁阀和搅拌机均为 OFF，液面传感器 L1、L2、L3 均为 OFF。

（2）启动运行：按下启动按钮。

1）电磁阀 Y1 闭合（Y1 为 ON），开始注入液体 A，至液面高度为 L2（此时 L2 和 L3 为 ON）时，停止注入（Y1 为 OFF），同时开启液体 B 电磁阀 Y2（Y2 为 ON）注入液体 B，当液面升至 L1（L1 为 ON）时，停止注入（Y2 为 OFF）。

2）停止液体 B 注入时，电动机起动，M = ON，开始搅拌混合。要求电动机先正转 5s，停 1s 后反转 5s。

3）停止搅拌后放出混合液体（Y4 为 ON），至液体高度为 L3 后，再经 5s 停止放液体。

4）如此循环搅拌 3 次后，结束搅拌，所有电磁阀和搅拌机均恢复为初始状态。

（3）停止：按下停止按钮后，要求完成一个搅拌过程后，所有电磁阀和搅拌机均恢复为 OFF。

5. 设计某工业清洗车间的洗涤控制系统，控制要求如下：

（1）按下启动键，洗涤设备启动，进水阀灯亮，洗涤设备开始注水；

（2）水位达到上限，上限传感器导通，进水阀灯灭，表示水注满；

（3）波轮开始旋转，左转 5s，停 1s，右转 5s，停 1s；

（4）运行 4min 后，波轮停止转动，排水阀灯亮，开始排水；

（5）水位排完，下限传感器断开，排水阀灯灭，排水阀关闭；

（6）脱水桶指示灯亮，脱水桶开始工作；

（7）1min 后，脱水桶停止工作，蜂鸣器响 30s，整个洗衣过程完成；

（8）在任何情况下，按下停止键，洗衣机停止工作。

参 考 文 献

［1］ 张豪. 三菱 PLC 应用案例解析［M］. 北京：中国电力出版社，2012.
［2］ 高建设. 三菱 PLC 编程速学与快速应用［M］. 北京：电子工业出版社，2012.
［3］ 曹菁. 三菱 PLC 触摸屏和变频器应用技术［M］. 北京：机械工业出版社，2011.

零起点学自动化技术丛书

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	零起点学西门子 S7-300/400 PLC	38359-8	59. 8	201207
2	零起点学西门子 S7-200 PLC	37423-7	39. 8	201205
3	零起点学西门子变频器应用	36363-7	43	201203
4	零起点学 Linux 系统管理	37309-4	29. 8	201203
5	零起点学 Proteus 单片机仿真技术(含 1CD)	36904-2	38	201203
6	零起点学维修电工技术	36361-3	30	201202

罗克韦尔自动化技术丛书

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	AB 变频器及其控制技术	37125-0	34	201205
2	PAC 编程基本教程	36030-8	85	201201
3	Control Logix 系统在给水处理行业中的应用	35490-1	45	201111
4	Control Logix 系统在污水处理行业中的应用	35489-5	45	201110
5	MicroLogix 核心控制系统	31237-6	59	201202
6	Control Logix 系统水泥行业自动化应用培训教程	26077-6	39	200912
7	Control Logix 系统电力行业自动化应用培训教程	24127-0	58	200901
8	Control Logix 系统实用手册	23037-3	58	201203
9	循序渐进 CMS 机器控制系统	25797-4	47	200901
10	深入浅出 NetLinx 网络构架	24983-2	30	200901

自动化软件

书　　名	书号	定价	出版时间
TIA 博途软件——STEP7 V11 编程指南(1DVD)	38049-8	79	201206
自动测试系统测试描述语言	34114-7	38	201107
AutoCAD 电气设计快速入门与提高	32360-0	40	201108
从基础到实践——PLC 与组态王	34776-7	49. 8	201108
STEP7 开发基础及应用指南	25158-3	38	200901

电气自动化新技术丛书

书　名	书号	定价	出版时间
SPWM 变频调速应用技术(第 4 版)	35988-3	58	201201
通用变频器及其应用(第 3 版)	35756-8	68	201201
变频调速 SVPWM 技术的原理、算法与应用	31903-0	38	201104
高性能变频调速及其典型控制系统	30268-1	49	201106
大容量异步电动机双馈调速系统	26963-2	47	200906
电压型 PWM 整流器的非线性控制	25144-6	27	200901

书　　名	书号	定价	出版时间
高压大功率变频调速技术	19218-3	30	200710
现场总线技术及其应用(第2版)	14269-0	47	200808
谐波抑制和无功功率补偿(第2版)	06298-1	29	201101
电气传动的脉宽调制控制技术(第2版)	04453-3	22	200402

电气自动化

书　　名	书号	定价	出版时间
机器设计中伺服电机及驱动器的选择(1CD)	37692-7	66	201205
人机界面与网络应用技术	37803-7	58	201206
图解触摸屏工程应用技巧	37041-3	49.8	201203
运动控制技术与应用	36534-1	59	201201
反演控制方法与实现	36508-2	38	201201
控制系统仿真及 Matlab 应用	31328-1	30	201201
自动调节系统的工程设计方法	35496-3	58	201111
控制装置与仪表(第2版)	33940-3	68	201107
交、直流调压电路原理图解与实用维修	34116-1	49.8	201107
IGBT 驱动与保护电路设计及应用电路实例	35276-1	48	201110
电器控制技术及应用	32816-2	34	201102
结构振动控制	32514-7	58	201103
电气自动化工程师速成教程	20883-9	25.8	201206
自动控制理论学习指导与习题解答	24162-1	38	200809
现代电力电子器件原理与应用技术	23022-9	20	201107
多电平逆变技术及其应用	20665-1	43	200704
电力电子、电机控制系统的建模和仿真(1CD)	29137-4	33	201201
机电一体化系统设计原理与应用	30955-0	38	201011
机电系统控制软件设计	25427-0	25	200901
机电控制系统原理及工程应用	18557-4	23	200907
DSP 在电气传动系统中的应用	28306-5	49	201001
西门子工业自动化项目设计实践(2CD)	26422-4	38	201101
基于模糊推理系统的工业过程数据挖掘	26714-0	25	200906
过程控制系统的 MATLAB 仿真	25699-1	38	200902

图书团购：
联系人：李红勇
电　话：010-88379766
E-mail：dgdzcmp@sina.com

双证融通系列丛书

书名	书号	定价
1. 变频器应用简明教程	39522	36.00
2. 数控机床电器控制简明教程	39894	48.00
3. AUTOCAD工程绘图简明教程	40547	30.00
4. 电力电子技术简明教程	40871	39.80
5. 三菱PLC应用简明教程	41492	34.00
6. 西门子S7 PLC应用简明教程	41811	48.00
7. 电工电子技术简明教程	41525	

免费下载电子课件，网址：http//www.cmpbook.com

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/自动化技术

ISBN 978-7-111-41492-6
ISBN 978-7-89433-850-1(光盘)

策划编辑◎林春泉／封面设计◎路恩中



定价：34.00元